Э. Кольман

НОВЕЙШИЕ ОТКРЫТИЯ СОВРЕМЕННОЙ АТОМНОЙ ФИЗИКИ В СВЕТЕ ДИАЛЕКТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛИЗМА

Огиз - Госполитиздат - 1943



1. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ОБ АТОМЕ В СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКЕ

В истории физики, как и в истории каждой науки, великие открытия являются важнейшими вехами, знаменующими начало нового этапа развития. Они влекут за собой целую цепь других открытий и приводят в конечном счете к более глубокому пониманию явлений объективной действительности.

В 70-х годах XVIII века такой новой вехой стало открытие кислорода. Оно послужило толчком к изучению химических элементов, которое уже в самом начале XIX века дало возможность Дальтону заложить основы учения об атоме.

В конце XIX века важнейшим открытием в физике было открытие естественной радиоактивности, которое послужило исходным пунктом для развития учения о строении атома Резерфордом и Бором в первой четверти нашего века.

Для современной нам физики таким делающим эпоху открытием является искусственное превращение элементов, впервые осуществленное в 1919 г. Резерфордом. Он превратил азот в кислород. Это открытие повлекло за собой новую полосу изучения атомного ядра. На этом новейшем, далеко еще не законченном этапе развития физики мы остановим свое внимание.

У Дальтона атом характеризовался лишь относительным весом. В 70-х годах XIX века Максвелл представлял себе атомы в виде упругих шаров, обладающих определенным диаметром порядка одной стомиллионной доли сантиметра и абсолютным весом.

Резерфорд и Бор мыслили структуру атома более сложной; они представляли себе атом в виде маленькой планетной системы: в середине атома находится ядро с диаметром в сто тысяч раз меньшим, чем диаметр максвелловского атома. Ядро заряжено положительно и содержит почти всю массу атома. Вокруг ядра обращается рой электронов со скоростями, близкими к скорости света (300 тысяч километров в секунду).

Электрон — это частица материи, являющаяся носителем наименьшего известного нам при современном состоянии науки отрицательного электрического заряда.

Если атом находится в электрически нейтральном состоянии, то сумма зарядов электронов нейтрализует положительный заряд ядра. На рисунке 1 изображена боровская модель наиболее простого атома — атома водорода.

Боровская модель атома, как мы увидим в дальнейшем, совершенно устарела. Даже для атома водорода она дает лишь качественную картину энергетических состояний атома, а всё относящееся к орбитам электрона в ней неверно. Для более тяжелых атомов боровская модель и вовсе не соответствует действительности. Тем не менее при переходе от старых механических представлений к новым, относящимся к физике микромира, боровская модель принесла и приносит до сих пор известную пользу.

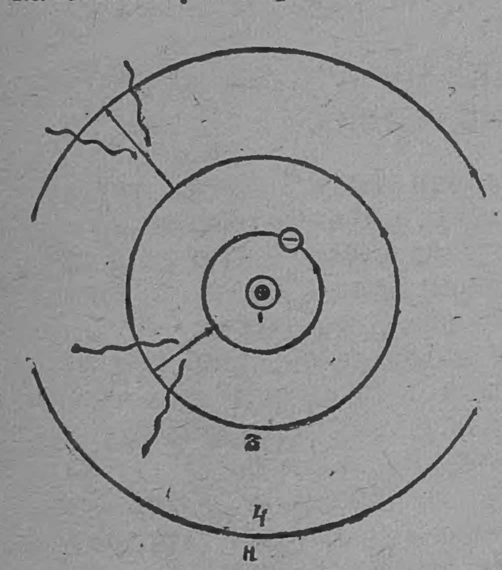


Рис. 1. Боровская модель атома водорода

В боровской модели атома водорода вокруг ядра обращается по круговой орбите лишь один электрон. Масса электрона составляет всего $^1/_{1840}$ часть массы ядра водорода. Расстояние, на котором электрон обращается вокруг ядра (радиус орбиты), может быть разное, но не произвольное. Электрон может обращаться лишь по некоторым «дозволенным» орбитам, радиусы которых подчиняются определенному закону. Если атом находится в невозбужденном состоянии, электрон обращается по орбите с малым радиусом, если же вследствие притока энергии извне атом возбужден, электрон обращается по одной из более отдаленных орбит.

Пока электрон обращается по орбите, атом не излучает и не поглощает энергии. Но при перескоке электрона с внутренней орбиты на внешнюю атом поглощает, а при обратном перескоке излучает энергию. Поглощение и излучение энергии происходят целыми порциями — световыми квантами, названными также фотонами.

Нужно отметить, что в дальнейшем Бор и Зоммерфельд заменили круговую орбиту эллиптической, причем, как указано на рисунке 2, эта орбита вращается, в результате чего электрон движется по петлеобразной кривой.

На рисунке 3 показаны боровские схемы строения атомов некоторых химических элементов: водорода (H) с одним электроном, обращающимся вокруг ядра; гелия (He), оболочка которого состоит из двух электронов; лития (Li) с тремя электронами; затем кислорода (O) с восемью электронами; наконец, урана (U) с 92 электронами. Во всех этих случаях атомы изображены в невозбужденном состоянии, а орбиты для упрощения представлены окружностями,

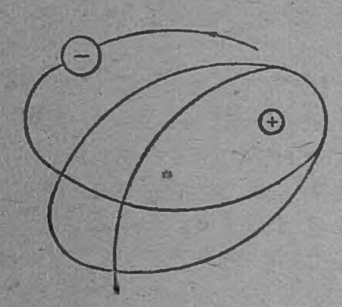


Рис. 2. Эллиптическая орбита электрона в усовершенствованной боровской модели атома водорода

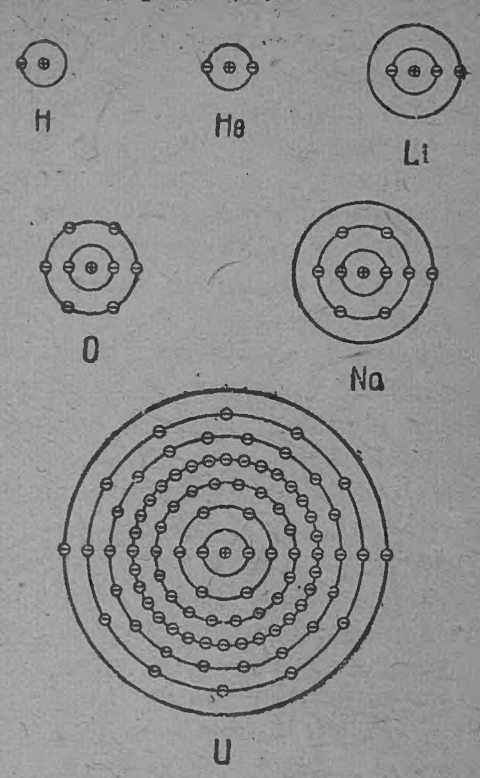


Рис. 3. Боровские схемы строения атомов: водорода (H), гелия (He), лития (Li), кислорода (O), натрия (Na) и урана (U)

лежащими в одной плоскости. На рисунке 4 дана схема невозбужденного атома кислорода — орбиты представляют эллипсы, причем их следует вообразить лежащими в различных плоскостях. Эта схема представляет собой попытку дальнейшего усовершенствования боровской модели, но и она, как уже отмечено, лишь приблизительно похожа на действительность.

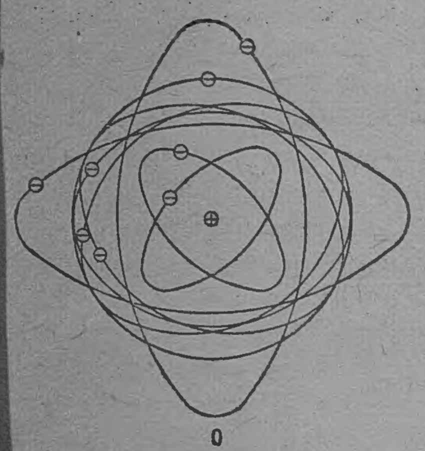


Рис. 4. Пространственная боровская модель атома кислорода

Боровская модель атома возникла в результате применения идей квантовой теории к атому: всему, что в ней ценно, что сохранило свое значение, она обязана квантовой теории, между тем все то, что устарело в ней, имеет своим

происхождением остатки старых механических представлений об орбитах электронов и т. п., которые сохранил Бор.

Квантовая теория в ее первоначальной форме была выдвинута Планком еще в 1900 г. Экспериментально давно было установлено, что нагретое тело испускает волны разной длины, и эмпирически была найдена связь между количеством энергии, уносимой волной, и длиной этой волны, — связь, меняющаяся в зависимости от температуры излучающего тела. Для объяснения этой закономерности Планк предположил, что атомы нагретого тела не могут совершать колебания произвольной частоты, а могут колебаться лишь с частотами, составляющими прерывную последовательность чисел. Колеблясь с какой-либо дозволенной частотой, атом обладает, по Планку, определенным запасом энергии, равным одному, двум, трем и т. д. квантам энергии. Квант энергии — это порция энергии, которая тем больше, чем больше частота колебаний, или, иначе говоря, чем короче длина испускаемой волны.

Квант вычисляется как произведение частоты колебаний на некоторую постоянную h, которая имеет одно и то же значение для атомов любых веществ и носит название «постоянной Планка». Эта постоянная крайне мала, а потому, несмотря на громадные частоты колебаний, крайне малы и кванты энергии. Так, для видимого света с частотой колебаний от 400 до 750 биллионов в секунду квант энергии настолько мал, что потребовалось бы 245 биллионов квантов, чтобы поднять один грамм на высоту одного сантиметра. Замечательно, что постоянная Планка имеет такую же размерность (т. е. строится таким же образом из основных физических величин — массы, длины, времени), как и действие, являющееся одним из важнейших понятий механики. Под элементарным действием материальной точки в механике понимают произведение количества движения (вычисляется как произведение массы на скорость) на пройденный этой точкой небольшой путь, а все действие получается сложением таких элементарных действий. Законы, относящиеся к действию, являются самыми общими законами механики. Таким образом, предположение Планка о прерывном характере действия затрагивает самые коренные понятия физики и показывает, что различие между закономерностями макромира и микромира крайне глубоко.

Хотя от первоначального представления Планка о механизме атомных колебаний в дальнейшем пришлось отказаться, его основная идея, что излучаемые нагретыми телами волны всех частот испускаются квантами, стала прочной основой квантовой теории, подтвержденной бесчисленными экспериментами из самых различных областей физики.

В 1905 г. эта теория была использована Эйнштейном для объяснения закономерностей фотоэлектрического эффекта — вырывания электронов из металлических поверхностей под влиянием излучения большой частоты, явления, открытого в 1887 г. Герцем и независимо от последнего — русским физиком Столетовым. В 1913 г. квантовую теорию применил Бор для построения своей атомной модели, предположив, что электрон может вращаться лишь по тем орбитам, для которых его момент количества движения является целочисленным кратным кванта действия. Вместе с тем Бор сделал предположение, что лишь при перескоке электрона с какой-либо отдаленной от ядра орбиты на другую, более близкую к ядру, атом излучает квант энергии, частота которого определяется разностью между частотами, которыми обладает электрон на начальной и на конечной орбите. Оба эти предположения шли вразрез с представлениями классической механики и электромагнетизма, но в то же время боровская модель сохраняла также и представления старой физики и поэтому она была противоречивой. Вот почему все вносившиеся в нее усовершенствования — замена круговых орбит эллиптическими, расположение последних не в плоскости, а в пространстве, вращение самих орбит, наконец придача ядру и электронам собственного вращения — смогли лишь несколько отсрочить крушение этой модели, но не были в состоянии окончательно воспрепятствовать этому.

Атомы различных химических элементов отличаются друг от друга величиной положительного заряда ядра, а следовательно, и количеством электронов во внешней оболочке.

Если принять заряд электрона за единицу, то заряд ядра, выраженный в этих единицах, носит название порядкового номера элемента. Он определяет положение элемента в периодической системе элементов Менделеева. Последняя начинается с водорода, имеющего заряд ядра, равный единице, и кончается ураном, имеющим заряд, равный 92.

Заряд ядра, определяющий порядковый номер элемента в периодической системе, характеризует данный элемент как химический вид. Чем сложнее элемент, чем выше заряд его ядра, тем сложнее и взаимосвязи в электронных оболочках атома, которые определяют все известные химические реакции и обыкновенные физические свойства элементов.

Всякое механическое, тепловое или химическое воздействие на кусок вещества не простирается дальше электронной оболочки, не проникает в ядро атома. Это происходит потому, что в крохотном объеме, который занимает атомное ядро, сконцентрированы колоссальные электрические напряжения в несколько миллионов вольт. Поэтому самое сильное химическое воздействие

затрагивает только атомную оболочку, и лишь самые быстры частицы — электроны, а также самые жесткие рентгеновски лучи (т. е. электромагнитные лучи с очень короткой длино волны) в состоянии проникнуть в ядро атома.

В атомной оболочке изучены превращения различных родо Так, если извне в оболочку атома проникает обладающий доста точной энергией электрон, то один из электронов внутренне орбиты может быть выбит из оболочки. В этом случае свободно место занимает электрон, перескакивающий из внешней орбит на внутреннюю. При этом атомо излучаются рентгеновские лучи В случае если атом поглоща большое количество энергии, м жет оказаться, что один из эле тронов оболочки вылетает атома. Наконец, при прохожд нии мощного энергетическо потока вблизи атомного яд каждая пара световых квант может превратиться в пару ч стиц — электрон и позитрон. В эти процессы, происходящие атомной оболочке, изображен на рисунке 5.

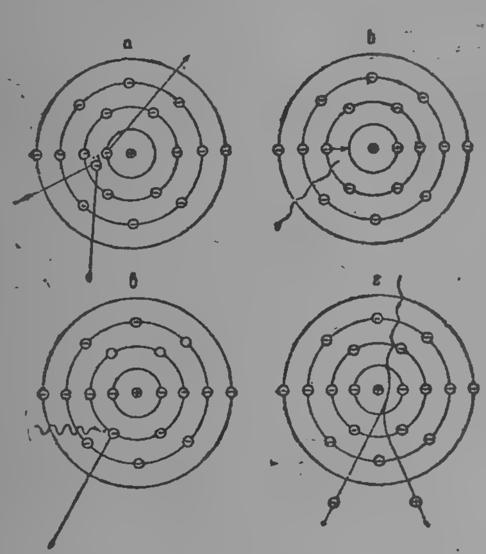


Рис. 5. Виды превращений в атомной оболочке: а) выбивание электрона с внутренней орбиты; б) замещение выбитого электрона; в) выбивание электрона с внешней оболочки; г) образование «пары» вблизи атомного ядра

Но, для того чтобы прони нуть в ядро атома, потребо лись частицы с гораздо бол шей концентрацией энергии и лучи с гораздо большей прон кающей способностью. И толь тогда, когда были найдены в пр роде или созданы искусствен такие мощные средства, удалось пробраться к ядру атома, пол чить первые сведения о его строении и добиться его изменени

По господствующим сейчас в физике воззрениям, атомные яд состоят из протонов и нейтронов, т. е. из тяжелых по сравнен с электроном частиц. Легких частиц — электронов и позитр нов — атомные ядра не содержат. Протоны — это положитель заряженные ядра обыкновенного водорода, масса котор меньше двух биллионных долей грамма; их масса служит ед ницей атомных весов. Нейтрон — это электрически нейтральна частица, составная часть ядра, имеющая почти ту же саму массу, что и протон.

На рисунке 6 схематически изображен состав атомных яд некоторых элементов: водорода, тяжелого водорода, гели

лития, двух изотопов кислорода, урана и урана X_1. Атомное ядро кислорода, например, состоит из 8 протонов и 8 нейтронов. Его электрический заряд, таким образом, равен 8 положительным единицам. Масса его равна почти 8+8, т. е. 16. Следует заметить, что масса атомного ядра не является в точности суммой масс протонов и нейтронов, составляющих ядро. Она всегда меньше этой суммы на величину, названную «дефектом массы», что вытекает из теории относительности.

Теория относительности родилась, так же как и квантовая теория, в начале XX века и была создана главным образом трудами Эйнштейна. Она представляет собой учение о роли пространства и времени в физических процессах. В теории относительности выясняется, что при больших скоростях, подобных тем, которые встречаются в атомном мире, а также при громадных межзвездных расстояниях нельзя, как мы это с достаточной точностью делаем во всех других случаях, считать скорость света величиной бесконечно большой, а надо считаться с ее конечным значением. Отсюда, а также из решающего, установленного экспериментально факта, что скорость света является величиной постоянной, не зависящей от взаимного движения источника света и наблюдателя, вытекает множество поразительных, идущих в разрез со всей предыдущей ньютоновской физикой выводов, — меняются наши представления о времени и пространстве, об одновременности, привычная нам школьная геометрия, созданная древнегреческим геометром Эвклидом, теряет свое абсолютное значение и оказывается лишь предельным случаем более общей геометрии и т. д. Для атомной физики имеет в особенности большое значение новое понимание энергии и массы. Теория относительности учит, что масса и энергия неразрывно связаны друг с другом, каждой массе соответствует вполне определенная величина энергии, измеряемая произведением этой массы на квадрат скорости света. При образовании из протонов и нейтронов устойчивого атомного ядра выделяется определенное количество энергии. Вот почему масса ядра будет меньше суммы масс частиц, образующих ядро, как раз на величину, соответствующую выделенной при образовании ядра энергии.

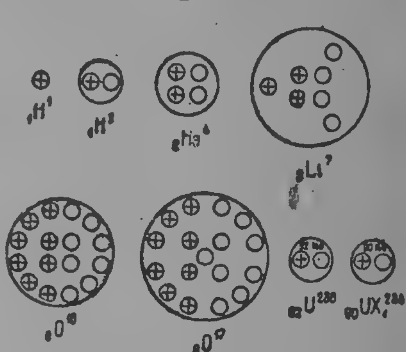


Рис. 6. Схема состава атомных ядер: водорода, дейтона (тяжелого водорода), гелия (альфа-лучи), лития, кислорода, другого изотопа кислорода, урана, урана X_1.

Разумеется, такое же количество энергии нужно затратить, чтобы вновь разделить атомное ядро на его составные части.

И действительно, произведенные измерения подтвердили правильность этих теоретических соображений.

Если по какой-нибудь причине в ядре кислородного атома окажется 9 нейтронов вместо 8, то масса данного атома будет равна 17. Количество протонов в ядре при этом останется без изменения, а следовательно, и заряд ядра сохранится. Прибавился нейтрон, который электрически не заряжен. Значит не меняется заряд ядра, следовательно не меняется и порядковый номер данного элемента в периодической системе. Это будет лишь разновидность данного элемента кислорода, или так называемый «изотоп» данного элемента.

Изотопами называются химические элементы, атомные ядра которых обладают одинаковым зарядом, значит, элементы, имеющие один и тот же порядковый номер и находящиеся поэтому на том же самом месте (в одной и той же клетке) периодической системы элементов Менделеева. Имея один и тот же заряд ядра, а следовательно и одинаковое количество электронов в своих оболочках, атомы изотопов отличаются друг от друга массой ядра.

Превращения, происходящие в атомном ядре, могут быть трех родов. Либо они состоят в изменении заряда ядра без изменения его массы, т. е. в превращении данного элемента в другой элемент, либо в изменении массы ядра без изменения его заряда, т. е. в возникновении изотопов, либо в том и другом в результате комбинации превращений первого и второго родов.

Превращения первого рода, при которых элемент становится другим, могут в свою очередь происходить различным путем. В одних случаях из ядра выбиваются составляющие ядро заряженные электричеством частицы. В других случаях — в этом ядре, не покидая его, одна частица превращается в другую частицу: нейтрон в протон или, наоборот, протон в нейтрон.

Что же касается тех превращений ядра, которые не меняют заряда ядра, т. е. не меняют химический элемент как таковой, а превращают один его изотоп в другой, то они связаны или с испусканием или с поглощением нейтронов ядром.

Первый пример превращения атомов был распознан Резерфордом и Содди в естественной радиоактивности. Она была истолкована ими как процесс самопроизвольного распада атомов. Элементы с большими порядковыми номерами, стоящие в крайнем правом конце периодической системы — уран, торий, радий, — самопроизвольно, независимо от внешних условий испускают так называемые альфа-лучи. Альфа-лучи представляют собой заряженные положительно ядра элемента гелия, который имеет заряд ядра, равный 2, и массу ядра, равную 4, т. е. ядро его состоит из 2 протонов и 2 нейтронов. Положитель-

ный заряд альфа-лучей обусловлен тем, что они — ионы, т. е. в данном случае — одни лишь голые ядра без электронной оболочки.

Благодаря тому что из ядра элемента, например из ядра урана, выбрасываются альфа-частицы, возникает ядро другого атома, в данном случае урана X_1. Происходит сдвиг в месторасположении элемента в периодической системе на две единицы влево — уран имеет порядковый номер 92, а уран X_1—90. Значит происходит распадение атома, превращение более сложного элемента в элемент более простой: ядро урана состоит из 92 протонов и 146 нейтронов, оболочка — из 92 электронов; ядро урана X_1 — из 90 протонов и 142 нейтронов, оболочка — из 90 электронов.

У других радиоактивных элементов, например у мезотория или актиния, превращение происходит по-другому. Эти элементы испускают другой вид излучения, названный бета-излучением, — они испускают электроны. Но электроны не входят в состав ядра, а лишь рождаются из него, вследствие того что в ядре этих элементов нейтрон переходит в протон. Заряд ядра увеличивается на единицу, значит здесь мы имеем сдвиг на единицу вправо в периодической системе элементов, — это процесс усложнения атома.

Оба эти превращения, альфа- и бета-превращения, дают ряды элементов, обладающих естественной радиоактивностью. При распаде урана, тория и актиния возникают соответственно три семейства радиоактивных элементов. Каждый из радиоактивных элементов обладает различной длительностью жизни, непрерывно распадается, и последним продуктом распада всех их является свинец.

В 1913 г. Содди и Фаянс разгадали сущность этого естественного радиоактивного процесса. Но Резерфорд был первым, кто использовал этот радиоактивный процесс для искусственного превращения элементов. Полученными от естественного радиоактивного распада альфа-частицами Резерфорд в 1919 г. бомбардировал атомное ядро азота, которое распалось, выделив ядро водорода и большое количество энергии, и превратилось в ядро кислорода. Схематически этот процесс изображен на рисунке 7.

Но добиться таким путем искусственного расщепления атома было делом нелегким. Если бы атом, как это в начале нашего века предполагал Дж. Дж. Томсон, представлял собой киселеобразный шар из положительного электричества, в котором плавают, словно изюминки, электроны, то попасть в этот шар и разбить его было бы значительно легче. Но верными оказались представления не Томсона, а Резерфорда. Самое большое место в атоме занимают не частицы, не ядро и электроны, а незаполненное частицами пространство между ними. Поэтому попасть

в ядро крайне трудно. Придерживаясь сравнения, взятого из области артиллерии, можно сказать, что на один или два десятка попаданий в ядро атома Резерфорду понадобилось выпустить свыше миллиона «снарядов».

Как ядро атома, так и бомбардирующие частицы были электрическими. Следовательно, на близких расстояниях ядро отклоняло приближающиеся к нему частицы от их пути вследствие электрического взаимодействия с ними. И лишь в редких случаях,

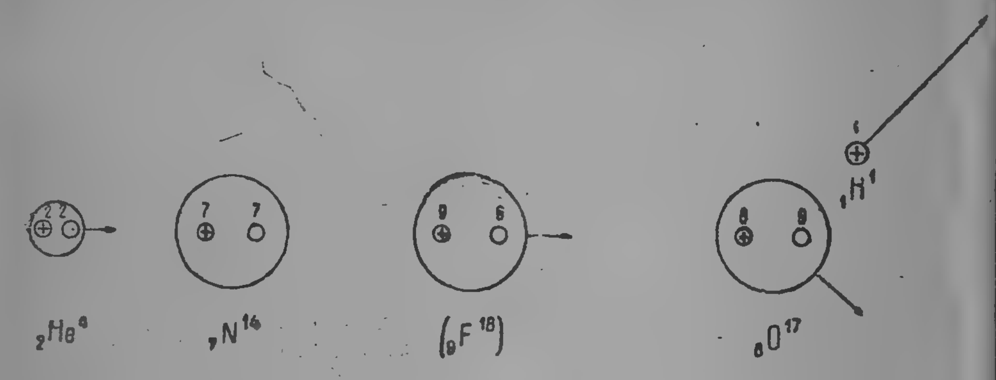


Рис. 7. Превращение атомного ядра Резерфордом (1919)

когда удавалось лобовое попадание, можно было добиться расщепления ядра.

Физики начали поиски новых, более эффективно действующих «снарядов» для бомбардировки атомных ядер, а также поиски методов, настолько чувствительных, чтобы обнаружить такой редкостный результат, который производит бомбардировка.

2. НОВЫЕ СРЕДСТВА ИССЛЕДОВАНИЯ

Остановимся сначала вкратце на важнейших приборах из той новой аппаратуры, которая дает возможность исследовать процессы микромира.

Одним из таких приборов является так называемая камера Вильсона. Она построена на том принципе, что в перенасыщенных водяных парах заряженные электричеством частицы становятся центрами сгущения пара. Поэтому, если ввести в камеру Вильсона, например, источник альфа-излучения, то вдоль пути альфа-частиц образуется цепь капель в виде туманного следа, который может быть сфотографирован. Это дает возможность определить с большой точностью длину пробега альфа-частиц, а применение магнитного поля, отклоняющего частицы, — судить об их энергии и знаке заряда. На рисунке 8 помещена фотография столкновения альфа-частицы с атомом кислорода. Благодаря камере Вильсона были изучены разные виды излучения

был открыт позитрон. С ее помощью исследуется, например, космическое излучение.

Другие важные приборы, на описании которых мы останавливаться не станем,—это ионизационная камера, которая служит для измерения величины электрических зарядов атомных частиц, и счетчик Гейгера — Мюллера, который отмечает каждую отдельную альфа- или бета-частицу, выбрасываемую из атомного ядра.

Наконец, изумительный по своему совершенству прибор — это так называемый масс-спектрограф Астона. В нем пучок положительно заряженных частиц — ионов — подвергается одновременному воздействию электрического и магнитного полей. В зависимости от массы частиц меняется путь, по которому движутся отдельные частицы, благодаря чему удается распределить частицы по величине их масс и получить на фотографической пластинке спектр этих частиц. Прибор служит для точных измерений атомных весов изотопов, а также для получения самих изотопов химических элементов в чистом виде. С помощью масс-спектрографа удалось открыть огромное количество изотопов и с поразительной точностью установить их атомные веса.

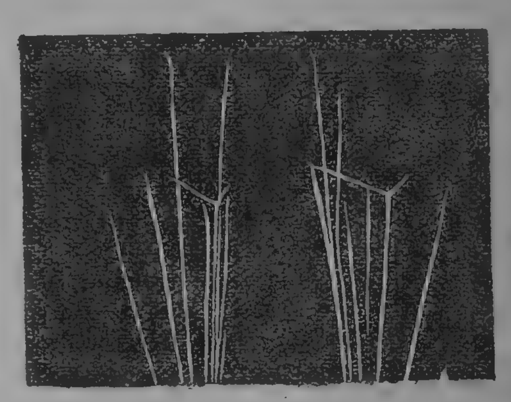


Рис. 8. Стереоскопический снимок столкновения альфа-частицы с ядром атома кислорода в камере Вильсона

Остановимся на новых источниках, дающих средства для расщепления ядер атомов. Первоначально источниками расщепления атомных ядер являлись частицы, получаемые при естественной радиоактивности. Но скоро электротехника пришла на помощь физике. Высокие напряжения создали возможность значительно превысить действие таких естественных снарядов. Из различных приборов и приспособлений чрезвычайно сложной и мощной новой аппаратуры укажем лишь главнейшие.

Это, во-первых, различного рода импульсные генераторы. Они представляют собой ряд последовательно соединенных заряженных конденсаторов, при помощи которых получаются высокие напряжения, достаточные для того, чтобы создать частицы такой энергии, которые в состоянии проникнуть в ядро атома. Однако они имеют тот недостаток, что в них высокие напряжения длятся лишь мгновениями, не являются постоянными.

Гораздо более совершенным является электростатический генератор ван де Граафа, изображенный на рисунке 9. Это большой, громоздкий аппарат, состоящий из полого шара, иногда и из двух полых шаров-проводников, с радиусом до 10 метров и более. Эти шары поставлены на изоляционные столбы большой высоты. Внутри этих шаров движущаяся бесконечная шелковая лента несет электростатические заряды, которые через острия передаются шарам и создают на них высокий электрический потенциал. Затем при разряде через особую каскадную трубку получаются необходимые высокие энергии порядка 4 миллионов электрон-вольт (один электрон-вольт — это энергия, нужная для того, чтобы потенциал одного электрона увеличился на один вольт, т. е. она равна примерно двум 100-триллионным долям одного килограмметра). Частицы, наделенные столь большой энергией, способны проникнуть в атомные ядра и разрушить их.

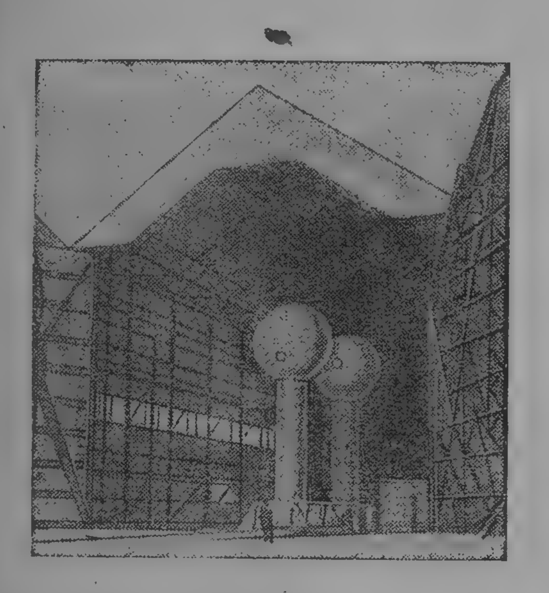


Рис. 9. Электростатический генератор ван де Граафа

Однако последним словом техники в этой области является циклотрон — машина, построенная американским физиком Лоуренсом.

В этой машине, которая изображена на рисунке 10, электрически заряженные частицы, например дейтоны, движутся по спирали. Они закручиваются по этой спирали действием магнитного поля и многократно ускоряются электрическим полем, имеющим соответственно подобранную частоту. При этом энергия частиц возрастает с каждым их оборотом настолько, насколько позволяет наличный запас энергии генератора. Наделенная огромной энергией частица затем с помощью магнитного поля отклоняется от спирального пути и выпускается из прибора через платиновое окошечко. Циклотрон имеет то преимущество, что нет надобности применять в нем исходные высокие напряжения, — достаточны напряжения порядка 10 тысяч вольт.

О громадном значении этих приборов можно судить по тому, что в одних только США в 1940 г. работало 19 таких циклотронов и строилось еще 12. У нас в СССР также построен циклотрон в Ленинградском радиевом институте Академии наук и строятся

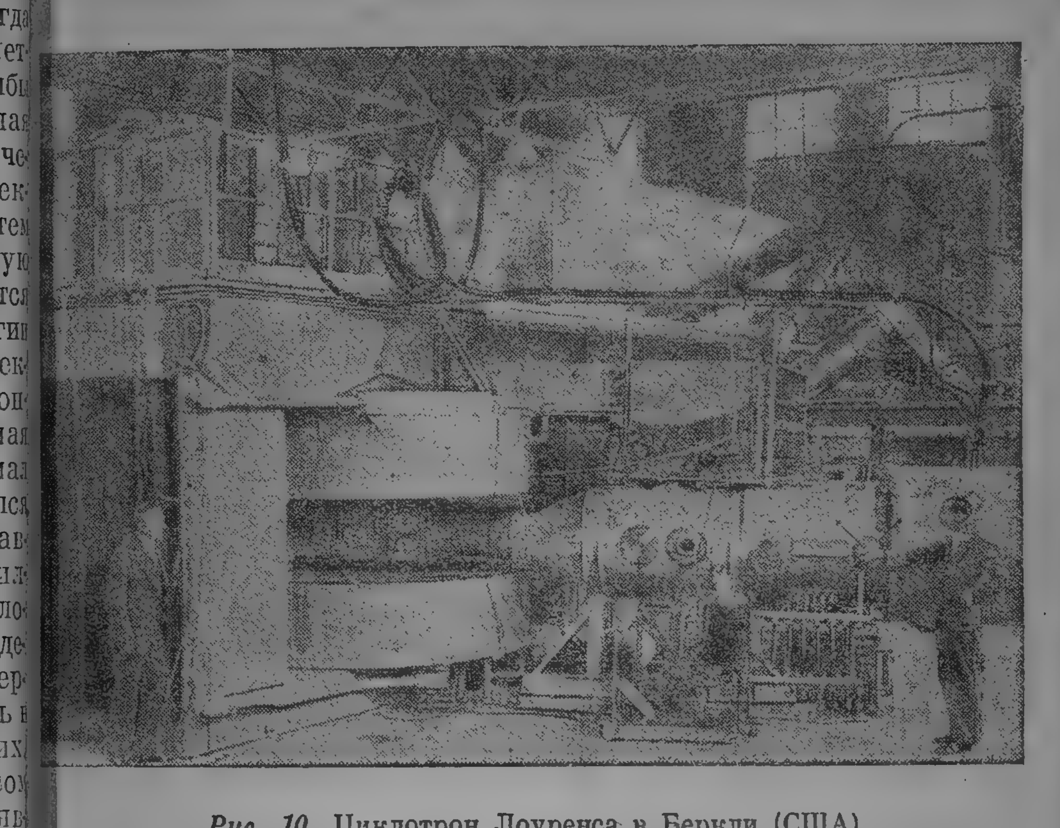


Рис. 10. Циклотрон Лоуренса в Беркли (США)

другие, значительно более мощные. По решению правительства, Академия наук приступила к постройке циклотрона в Москве. Среди существующих в мире циклотронов нет такого, который мог бы сравниться с ним по мощности. Вес электромагнита этого циклотрона будет около тысячи тонн, диаметр полюса — 3 метра, высота — 6, длина — 8 метров. Циклотрон будет помещаться в специальном здании объемом в 12 тысяч кубометров. С его помощью можно будет получить дейтоны, обладающие энергией в 50 миллионов электрон-вольт.

Согласно сведениям, опубликованным недавно, в США построена установка, которая хотя и не дает тяжелые частицы, а только электроны, обладающие высокой энергией, но зато и не столь громоздка, как циклотрон. Это электронная лампа диаметром около 300 миллиметров. Создаваемому этой лампой электронному потоку магнитное поле придает ускоряющееся круговое движение. Энергия, даваемая этим «электронным ускорителем», достигает 2 300 тысяч электрон-вольт.

Что же дали эти новые измерительные приборы и новые источники энергии для развития наших знаний об атомном ядре?

3. ОТКРЫТИЕ НЕЙТРОНА И ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

Значение открытия Чадвиком в 1932 г. нейтрона — нейтральной, не заряженной электричеством тяжелой частицы, котора содержится в атомных ядрах, — исключительно велико. Процесс получения нейтрона схематически изображен на рисунке 11. В том же году физиком Андерсоном был открыт позитрон. В 1934 г. супругами Кюри и Жолио были искусственно созданы радиоактивные элементы, которые в естественном виде в природе до сих пор не обнаружены. В результате для бомбардировки ядер атомов в распоряжении физиков оказались те

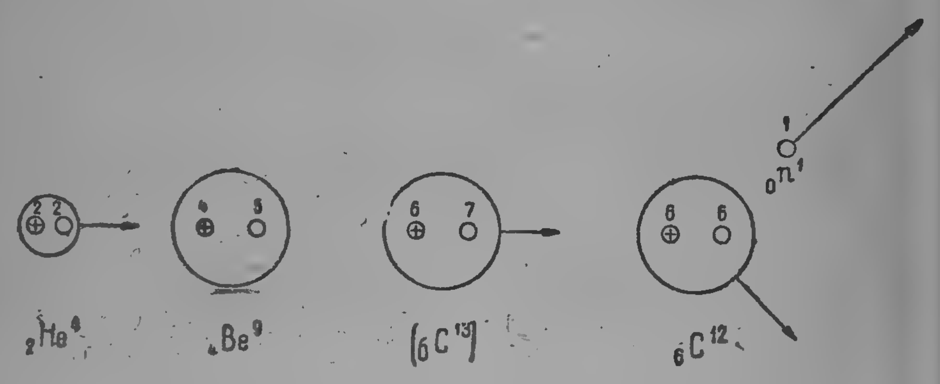


Рис. 11. Процесс получения нейтрона Чадвиком (1932)

перь кроме альфа-частиц богатые энергией протоны, дейтоны (так называются ядра тяжелого изотопа водорода, которые имеют массу, равную 2) и нейтроны. Наконец, с помощью циклотрона недавно найден еще более тяжелый изотоп водорода (с массой 3) и легкий изотоп гелия (с массой 3).

Самые важные из этих частиц в качестве спарядов — это нейтроны. Нейтроны не заряжены, следовательно они могут проникать в ядра элементов с высоким номером. Другие тяжелые частицы, заряженные электричеством, как, например, протоны, дейтоны или альфа-частицы, не в состоянии проникнуть в ядра элементов с высоким порядковым номером. В этих ядрах имеются электрические силы отталкивания, так называемые кулоновские силы, которые, как уже отмечено, не пропускают к ядру электрически заряженные тяжелые частицы. Однако кроме этого открытие нейтронов имеет еще другое важное в принципиальном отношении значение—для построения физической картины мира, о чем речь будет итти впереди.

Впервые использование нейтронов для расщепления атомных ядер было осуществлено итальянским физиком Ферми. В результате бомбардировки нейтронами различных элемен

тов периодической системы ему и его сотрудникам удалось искусственно получить радиоактивные изотопы большинства наших обычных химических элементов.

Первые изотопы были открыты с помощью масс-спектрографа Астоном еще задолго до открытия нейтрона. Однако открытие нейтрона повлекло за собой целый поток открытий изотопов. Некоторые из этих изотопов обладают очень небольшим, длящимся лишь доли секунды, периодом полураспада. (Период полураспада — это время, необходимое для того, чтобы от данного вещества осталось лишь 50% его атомов, — так измеряется время существования, или «продолжительность жизни», радиоактивных веществ.) Другие из этих изотопов существуют более продолжительный период времени, исчисляемый минутами, часами, днями, годами. Период полураспада некоторых естественных радиоактивных элементов, как уран или торий, исчисляется миллиардами лет.

Таким образом, периодическая система элементов, созданная Менделеевым, в результате этих открытий значительно обогатилась. Она превратилась в новую периодическую систему, более полную, с числом изотопов, быстро пополняющимся и уже сейчас достигающим свыше 300 одних лишь устойчивых изотопов и примерно стольких же изотопов неустойчивых, радиоактивных. В этой периодической системе современная физика открывает все новые и новые закономерности.

По своим химическим свойствам изотопы одного и того же элемента почти не отличаются друг от друга. Поэтому, для того чтобы разделить их, выделить отдельный изотоп из естественной смеси, приходится использовать их чисто физическое свойство — разницу в весе, применять метод диффузии или отделять их друг от друга масс-спектрографом. Однако изотопы водорода и их соединения отличаются и химически; так называемая «тяжелая вода» — соединение двух атомов тяжелого изотопа водорода (дейтона) с одним атомом кислорода — имеет другие химические свойства и вызывает иные биологические реакции, чем обыкновенная вода.

На диаграмме (рис. 12) слева вычерчена часть старой периодической системы элементов, справа — новой. В обоих случаях по горизонтали отмечается порядковый номер Z элементов, равный, как мы уже знаем, числу протонов, содержащихся в атомном ядре, а по вертикали N — число нейтронов, составляющих ядро. Вместе взятые, они дают атомный вес элемента, т. е. $N+Z=A$.

Правда, вычисленные таким образом атомные веса не совпадают точно с измеренными. Для элементов, как они встречаются в природе, это объясняется просто, так как эти элементы яв-

ляются смесями изотопов. Если, например, измерением устано лено, что хлор имеет атомный вес 35,457, то это объясняет тем, что он является смесью двух изотопов, одного — с атомны весом 35 и другого — с атомным весом 37, смешанными в опр деленной пропорции.

На диаграмме устойчивые элементы изображены незаштрих ванными белыми, неустойчивые — черными кружочками. В кружочки, расположенные друг под другом по вертикалям ино да по 2—3—5, а иногда и по 10, представляют собой изотопы, т. е разновидности одного и того же элемента, отличающиеся лиш массой ядра. Эти изотопы, как принято говорить, образую

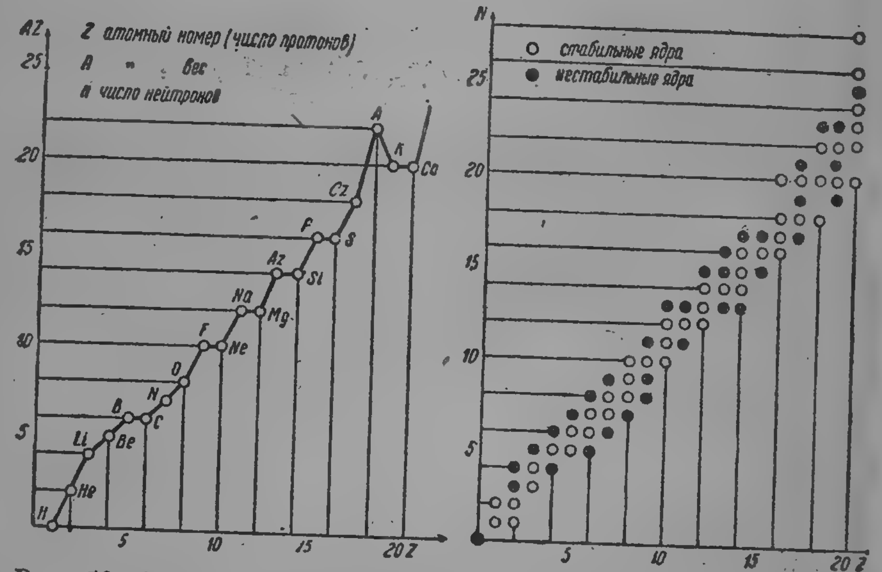


Рис. 12. Старая и новая периодическая система Менделеева (показан лишь левый край системы до элемента кальция)

целую плеяду, которая как бы заменяет теперь то, что раньш считалось одним химическим элементом. Ломаная линия в ста рой системе Менделеева сменилась чем-то вроде Млечного пути, чем-то вроде размытого облака. При этом оказалось, что коли чество неустойчивых ядер превышает количество имеющихся в природе устойчивых изотопов.

Ядерные превращения могут происходить разными путями, причем одно и то же неустойчивое ядро может быть получено раз личными способами. Так, например, как это указано на рисунке 13, радиоактивный фосфор (с 15 протонами и 17 нейтронами в ядре) может быть получен шестью различными способами:

1) превращением устойчивого ядра кремния (14 протонов и 15 нейтронов) под ударом 1 альфа-частицы (2 протона и 2 ней трона), с испусканием при этом 1 протона;

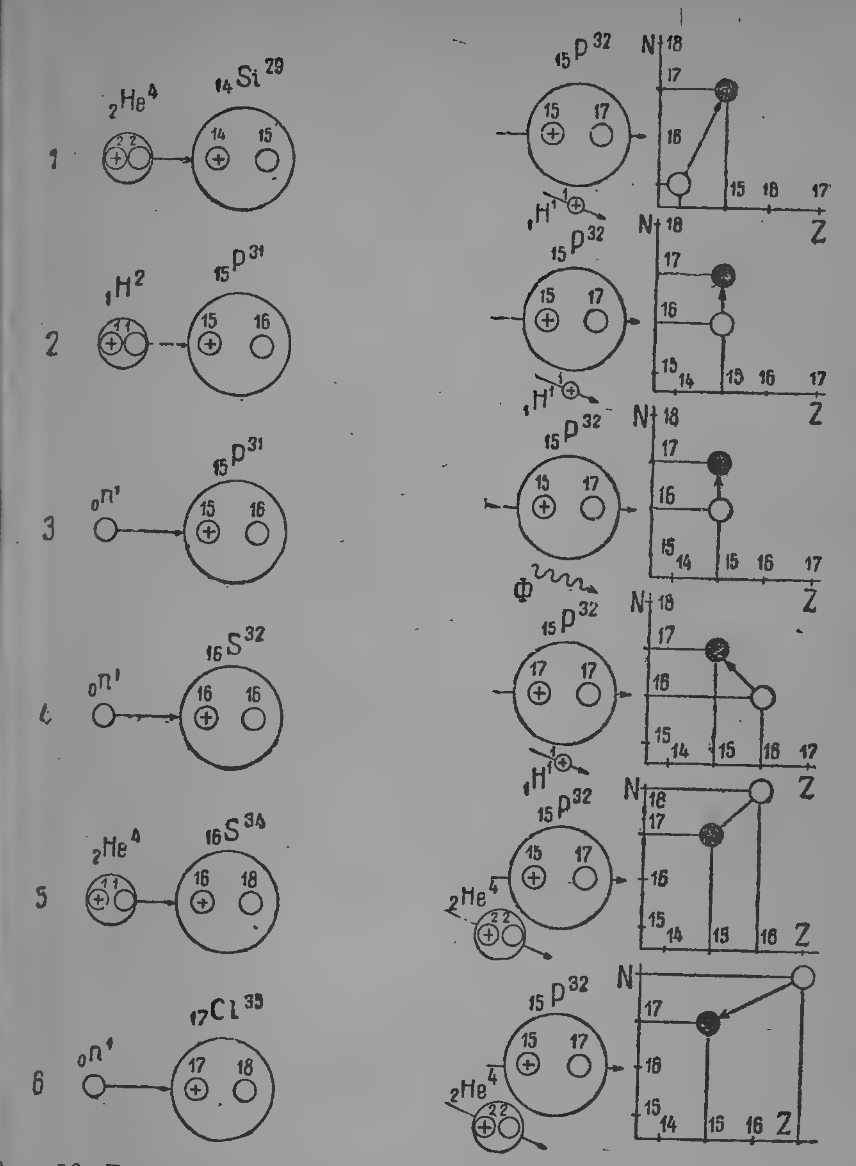


Рис. 13. Различные способы получения радиоактивного фосфора

2) из устойчивого ядра фосфора (15 протонов и 16 нейтронов) под ударом 1 дейтона (1 протон и 1 нейтрон), с испусканием 1 протона;

3) из устойчивого ядра фосфора (15 протонов и 16 нейтронов) под ударом 1 нейтрона, с испусканием световых квант;

4) из устойчивого ядра серы (16 протонов и 16 нейтронов) под ударом 1 нейтрона, с испусканием 1 протона;

5) из устойчивого ядра другого изотопа серы (16 протонов и нейтронов) под ударом 1 дейтона, с испусканием 1 альфа-частицы (2 протона и 2 нейтрона);

6) из устойчивого ядра хлора (17 протонов и 18 нейтрон под ударом 1 нейтрона, с испусканием при этом 1 альфа-части (2 протона и 2 нейтрона).

Образуемый во всех этих случаях фосфор неустойчив. В ядре один из нейтронов, излучая электрон, превращается в п тон, и ядро радиоактивного фосфора переходит в устойчи ядро серы (16 протонов и 16 нейтронов).

Среди ядерных превращений особенно интересен случай, ко число частиц ядра не меняется, т. е. когда элемент, сохраняя с атомный вес (кроме разницы в дефекте массы вследствие изме ния энергии связи), превращается в свой изобар. Этого рода п вращения, вызванные превращением протона в нейтрон с ис сканием позитрона или, наоборот, превращением нейтрона в п тон с испусканием электрона, представляют собой некотор аналогию с процессами, происходящими в электронной оболо атома, где при перескоке электрона с одной орбиты на друг испускаются или поглощаются кванты света.

Изобарами могут оказаться и изотопы различных химичес элементов. Таковыми являются, например, изотопы ник (в ядре которого 28 протонов и 36 нейтронов) и цинка (30 п тонов и 34 нейтрона), обладающие одинаковым атомным вес равным 64, хотя в том виде, как они встречаются в природе, элементы имеют атомные веса: никель — 58,7, цинк — 6 будучи первый — смесью по меньшей мере четырех, второй трех изотопов. Изобары, заряд ядер которых отличается на о единицу, как правило, крайне неустойчивы. Большинство изо ров имеют ядра, отличающиеся на два протона.

Кроме изотопов и изобаров за последние годы стали раз чать еще одну разновидность атомов — так называемые изоме Два изомера — это атомы, имеющие совершенно одинако состав ядра; у них совпадает и количество протонов и количес нейтронов, значит они, во-первых, находятся в одной и той клеточке периодической системы элементов и, во-вторых, долж обладать одинаковым атомным весом. Тем не менее может б установлена небольшая разница в атомных весах и, глав изомеры отличаются своими радиоактивными свойствами. Т например, изомер серебра имеет период полураспада, рав 40 секундам, между тем как обыкновенное серебро устойчи Объясняется это тем, что хотя оба изомера и состоят из одина вого количества протонов и нейтронов, но энергетические сост ния у них разные: один изомер значительно более возбужден, другой, что влечет за собой их различную устойчивость, а так сказывается на их магнитных свойствах; кроме того, вследст различной энергии связи получаются некоторые, хотя и вес малые, разности в атомных весах. Эти различия энергетичес

состояний ядра невольно напоминают явления во внешней электронной оболочке атома, где в возбужденном атоме электрон «поднимается» на один из высших «дозволенных» энергетических уровней, а в невозбужденном он «опускается» на более низкий энергетический уровень. В настоящее время явление изомерии ядер установлено на протяжении всей периодической системы.

После сказанного, естественно, напрашивается вопрос, каковы закономерности, в силу которых одни ядерные превращения встречаются чаще, а другие реже, как определяется число возможных изотопов в плеяде и т. д. До сколько-нибудь полного решения этих и других подобных проблем еще очень далеко. Пока все еще имеется больше эмпирических правил, чем подлинных законов. Но все установленные закономерности основаны на том, что в мире атомного ядра, как и везде, господствует закон сохранения и превращения энергии. Только исходя из этого закона, из учета расхода энергии, физики сумели открыть законы превращения атомных ядер.

Бросается в глаза, что в установленных правилах многое зависит от того, являются ли количества встречающихся в ядрах частиц четными или нечетными числами, т. е. зависит от чисто арифметических свойств. Так, правило Харкинса указывает, что ядра с четным количеством частиц являются энергетически более устойчивыми и чаще встречаются в природе, чем ядра, количество частиц которых нечетно. Далее, существование у изобаров устойчивых и неустойчивых ядер зависит от того, являются ли числа Z (количество протонов) и N (количество нейтронов в ядре): 1) одно четным, а другое нечетным, 2) оба четными или оба нечетными. В первом случае среди изобаров существует только одно устойчивое ядро; во втором — устойчивых ядер может быть и несколько.

Кроме указанных видов изобарных превращений в 1938 г. был открыт еще один — захват ядром одного из электронов оболочки. Так как при этом атом никаких частиц не испускает, то обнаружение этого процесса является трудным делом. Оно удается лишь потому, что на место электрона, двигавшегося (употребляя модель Бора) по внутренней орбите и захваченного ядром, попадает электрон из внешней орбиты, причем вещество излучает жесткие рентгеновские лучи.

Более глубокое изучение изобарных превращений достигается при изучении энергии, связывающей ядро в одно целое, так называемой энергии связи ядра. На рисунке 14 показано, как меняется эта энергия в зависимости от разности между числом нейтронов и числом протонов, содержащихся в ядре. Наглядным изображением этой зависимости является энергетическая поверхность. Она как бы образует долину, на самом дне которой

течет поток стабильных ядер, а по ее склонам расположены не-стабильные ядра, словно стремящиеся упасть в низшее энерге-тическое состояние путем излучения электронов или позитро-нов. Если округленный атомный вес нечетный, то на дне нахо-дится единственное ядро, если же он четный, то энергетическа поверхность распадается на две полости и на дне может нахо-диться несколько стабильных ядер. Детальное рассмотрени приводит к правилу, согласно которому стабильные изобары н имеют стабильных соседей. И в самом деле, этому соответству тот факт, что стабильные элементы с порядковыми номера 43 и 61 не обнаружены. Сделанные в свое время открытия эт

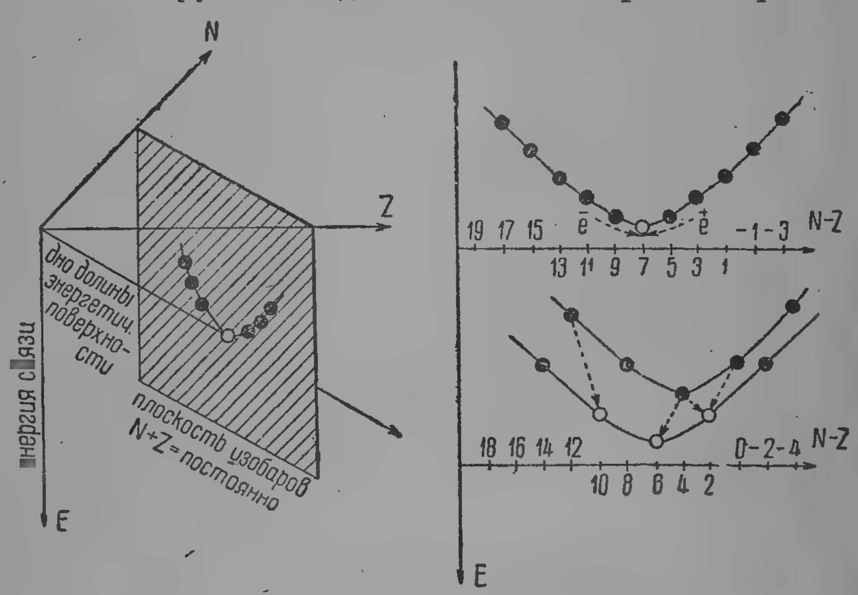


Рис. 14. Схема энергетической поверхности

элементов, получивших даже названия мазурий и иллини не подтвердились. С установленными эмпирическими правила согласуется и то, что неизвестны стабильные элементы с числ нейтронов, равным 19, 21, 35, 39, 45, 61, 115, 123. Наконец, н известен ни один стабильный элемент с числом протонов в ядр превышающим 83, а также с числом нейтронов, превышаю-щим 126.

Встречающиеся в периодической системе плеяды изотоп могут быть расклассифицированы на группы, в зависимости числа стабильных элементов в плеяде и относительной частот с которой отдельные изотопы встречаются в природе.

Тогда оказывается, что в некоторых плеядах преоблада изотопы с большей массой, в других, наоборот, с меньшей. Ра нородный состав плеяд наводит на мысль, что он является р зультатом двух взаимопроникающих друг в друга процессов, ч

плеядный состав крайне медленно изменяется: одни изотопы рождаются, другие исчезают.

Теоретические соображения, основанные на данных астрофизики, дают возможность предположить, что процесс распадения изотопов в известной нам части бесконечной вселенной начался с десяток миллиардов лет тому назад. Элементы, кажущиеся устойчивыми, имеют на деле исключительно большой период полураспада, однако они все же распадаются. Собирание же массы и энергии происходит в других отдаленных областях бесконечной вселенной, в пользу чего говорят результаты изучения недр звезд, с одной стороны, и крайне разреженной материи в межзвездных пространствах — с другой.

Дальнейшая задача науки состоит в том, чтобы разгадать закономерности, связывающие между собой изотопы, и на основании сопоставления распространенности изотопов и продолжительности их жизни установить для каждого элемента не эмпирически, а в виде естественного закона, какие изотопы и в каком количестве возможны.

4. ДЕЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ ЯДЕР

Особо необходимо осветить процесс распада атомных ядер наиболее тяжелых элементов, прежде всего урана, так называемое деление ядер, открытое в 1939 г.

Ферми и его сотрудники распространили свои методы применения нейтронов для производства радиоактивных изотопов на все элементы периодической системы, вплоть до самых тяжелых элементов. Когда они дошли до урана, то получили искусственные атомы со свойствами, отличными от урана и его непосредственных соседей слева. Поскольку все внимание физиков было сосредоточено тогда на превращениях ядер со сдвигом на одно-два места в периодической системе, никому не приходило в голову искать эти искусственные атомы где-то в середине системы. А так как уран является последним элементом в системе, то Ферми и его сотрудники заключили, что у них в лаборатории получены элементы, которые находятся дальше вправо, за ураном, что это новые, невиданные до сих пор элементы, и назвали их «транс-уранами». Таких элементов было открыто последовательно целых четыре.

Однако вскоре благодаря опытам других физиков возникли некоторые сомнения в том, являются ли эти элементы действительно элементами более тяжелыми, чем уран, не вошедшими в периодическую систему. Ган и Штрассман поставили чрезвычайно точные опыты, показавшие, что на самом деле полученные

элементы не являются транс-уранами. Оказалось, как это по-казано на рисунке 15, что ядро урана (заряд 92) рас-щепляется на две примерно одинаковые части, из которых одн является ядром изотопа олова (заряд 50), а другая — ядром мо-либдена (заряд 42). Наряду с этим расщеплением возможны ещ и другие. Так, одна часть может представлять собой ядра бари (заряд 58), а другая — ядра криптона (заряд 36); или одн часть — ядра ксенона (заряд 54), а другая — ядра стронци

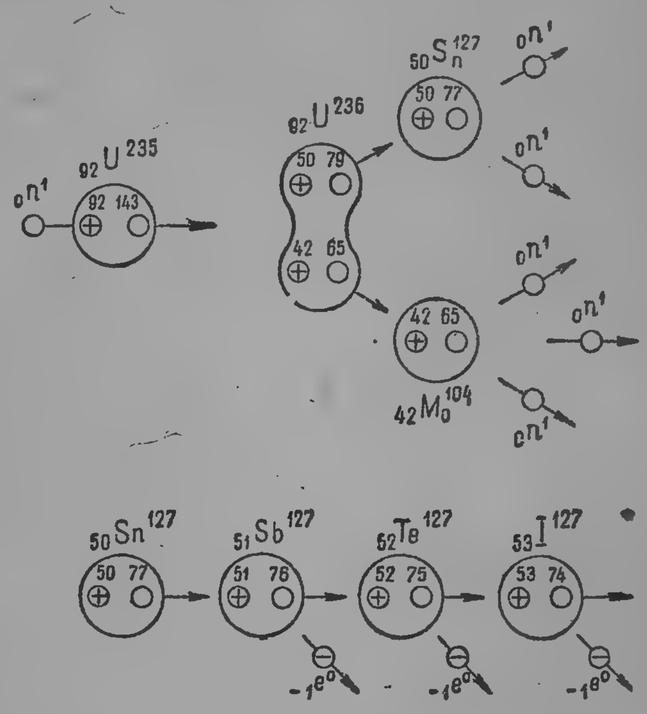


Рис. 15. **Деление атомного ядра урана**

(заряд 38); или одна часть — ядра цезия (заряд 55), другая ядра рубидия (заряд 37). Сумма зарядов осколков, полученн при расщеплении, всегда равна заряду расщепляемого ядра.

Однако происходящий в действительности процесс значител-но сложнее. Каждый из получаемых осколков представля собой, как правило, малоустойчивый изотоп и, претерпевая р диоактивные превращения, является родоначальником цел цепи элементов, обладающих искусственной радиоактивносты Так, например, как указано на рисунке 15, из перечисленн осколков олово переходит в сурьму, сурьма — в теллур, те лур — в иод. Далее барий переходит в лантан, криптон — в р бидий, цезий — в барий, рубидий — в стронций, ксенон — в ц зий, стронций—в иттрий и т. п. Обнаружен целый ряд и друг искусственных радиоэлементов, как, например, бром, иод, те

тур, сурьма и т. д., с различными периодами полураспада; известно по 6—8 превращений, но конечные продукты их пока не установлены.

Аналогичное явление наблюдалось при расщеплении ядер тория и протактиния и при бомбардировке ядер урана сравнительно медленно движущимися нейтронами.

В процессе деления атомных ядер выделяются громадные энергии, именно — разность между энергией тяжелого ядра и суммой энергий осколков. Количество энергии, которое выделяется при распаде ядра урана на две приблизительно равные части, составляет немного меньше одной тысячной доли полного запаса энергии, содержащегося в ядре. Это количество выделяемой внутриатомной энергии примерно в 50 миллионов раз превосходит энергию, получаемую при самом мощном химическом взрыве (при образовании одной молекулы воды из соединения двух атомов водорода с одним атомом кислорода).

Чтобы наглядно представить себе те огромные энергетические ресурсы, которые таятся внутри атомного ядра, приведем следующий простой расчет. Мы уже знаем, что любая масса вещества обладает запасом энергии, зависящим только от величины этой массы и не зависящим от ее химического состава. И если взять, например, копеечную монету, которая весит в среднем 1 грамм, то этот грамм вещества содержит в себе запас энергии, который в физических единицах равен 23 миллионам киловатт-часов. Переводя это на деньги, т. е. считая по московской стоимости киловатт-час электроэнергии для осветительных целей, нетрудно подсчитать, что вещество одной копейки, если бы можно было использовать всю его энергию, дало бы энергию стоимостью в 5 750 тысяч рублей.

Понятно, что мы и мечтать не можем о том, чтобы нацело использовать всю эту внутриядерную энергию. Но как обстоит дело с делением урана, при котором мы должны получить тысячную долю этого запаса? Возможно ли эффективное использование этой энергии? Не надо забывать, что циклотрон, употребляемый для создания нейтронов, которыми бомбардируются ядра урана, — крайне неэкономная машина, машина с ничтожно низким коэфициентом полезного действия. Понятно поэтому, что если бы пришлось получать внутриядерную энергию, непрерывно бомбардируя ядро нейтронами, то этот процесс получения энергии был бы совсем невыгоден.

Однако оказывается, что процесс деления ядер атомов урана происходит по цепочке, лавинообразно. В этом процессе выделяются нейтроны, которые при определенных условиях в свою очередь могут вновь разбивать соседние ядра урана, и процесс может самопроизвольно продолжаться дальше. Поэтому доста-

точно только как бы зарядить эту машину, пустить ее в х
дать первоначальный толчок, подобно тому как достаточно д
легкого нажима детского пальчика, чтобы спустить ку
ружья и получить сильнейший взрыв. Если только количес
образующихся нейтронов будет возрастать в определенной п
порции и если они будут обладать определенной скоростью, м
но будет достигнуть того, что этот процесс распространится
дальше, будет распадаться все большее и большее количес
ядер, и эффект будет все возрастать. Мало того, можно д
опасаться, что процесс деления ядер начнет нарастать с та
огромной быстротой, что приведет к ужасающему взрыву.
тема стала предметом фантастических романов даже тогда е
когда о делении ядер ничего не было известно, а только им
место первые опыты искусственного превращения элемен
и появились сведения о теоретических расчетах запасов внут
ядерной энергии. Реакционеры использовали это обстоятельс
для агитации против науки. В свое время один из консервато
сделал в палате общин тогдашнему английскому премьер-
нистру Макдональду запрос, известно ли ему, что всего на р
стоянии 86 миль от парламента, в Кембридже, лорд Резерф
занимается опытами, которые угрожают гибелью всему х
стианскому миру. Макдональд отделался от этого достопоч
ного джентльмена шуткой.

Но физика, к счастью, открыла не только общие услов
при которых деление атомных ядер должно происходить по це
Одновременно она установила, что такая цепная реакция мо
осуществляться лишь при совершенно исключительных у
виях. Оказывается, что прежде всего необходимо достаточ
количество ядер урана, чтобы образующиеся в начале реак
нейтроны не вышли за его пределы в воздух, в окружаю
среду, ибо там они растеряются. Этого можно избежать
ществляя реакцию внутри достаточно большого шара
новой смолки, одного из окислов урана, который скон
трировал бы в себе выбрасываемые нейтроны. Французс
физик Перрен подсчитал, что наиболее подходящим будет ш
имеющий радиус в 80 сантиметров. При большом удельном в
который имеет уран, такой шар весит 7,5 тонны. Урановые р
встречаются в природе достаточно часто, следовательно собр
такое количество не представляет больших трудностей. Что
касается того, чтобы реакция не носила взрывного характ
то достаточно погрузить урановый шар в воду и прибавить
примерно 0,01% кадмия. При этих условиях лишние нейтр
захватываются, и в скором времени после начала процесса до
но, согласно теоретическим расчетам, наступить равнове
Шар нагревается до температуры 900°, которая остается

стоянной. Такой шар будет излучать в одну секунду примерно 1,5 тысячи больших калорий, т. е. будет соответствовать машине мощностью в 10 тысяч лошадиных сил. По мере распада урановых ядер будет понижаться работоспособность шара. Подсчет показывает, что такой шар сможет работать почти на полной мощности, без подвода энергии, в течение примерно 15 лет.

Нечего и говорить, что процесс деления атомных ядер сулит заманчивые энергетические перспективы. Однако трудности, с которыми сопряжено решение этой задачи, все еще исключительно велики. Главная трудность заключается в том, что не всякий уран практически пригоден для этого процесса. Уран является смесью изотопов. Наиболее распространенный изотоп имеет массу, равную 238. Между тем для процесса деления годится лишь легкий изотоп с массой 235, а этот изотоп гораздо реже встречается в природе. Трудность не только в том, что он составляет лишь одну сотую часть всего встречающегося в природе урана, но, главное, крайне трудно технически осуществить разделение обоих изотопов. Такое разделение невозможно произвести химическим путем, так как в химическом отношении изотопы урана неразличимы. Разделение возможно только физическим путем, а физические методы чрезвычайно сложны, трудны, их технологическая сторона не разработана, хотя они известны и применяются в лабораторных условиях. По подсчетам советского физика Курчатова, добытый на земле запас легкого изотопа урана, полученный в американских лабораториях и исчисляемый всего миллионными долями грамма, должен быть увеличен в биллионы раз. Другие пути решения задачи заключают также не мало трудностей. Если вместо ядер урана остановиться на делении ядер протактиния, то придется имеющиеся запасы увеличить в десятки тысяч раз. Если же остановиться на тяжелом изотопе урана, то, чтобы добиться его деления, придется взять тяжелую воду, увеличив ее запасы по меньшей мере в 30 раз против имеющихся.

Крайне важно недавнее открытие молодых советских физиков Петржака и Флерова, установивших тонкими опытами с ионизационной камерой, что деление ядер урана происходит не только в результате искусственной бомбардировки нейтронами, но и без каких бы то ни было внешних воздействий. Правда, в этом случае распадение урановых ядер протекает крайне медленно — период полураспада измеряется десятками тысяч биллионов лет. Так как совершенно невероятно, чтобы причиной наблюдаемого явления распада было космическое излучение, то мы, повидимому, встречаемся здесь с самопроизвольным, спонтанным делением ядер, свидетельствующим об их неустойчивости.

Наконец, укажем еще на другие возможности практическо[го] применения искусственной радиоактивности.

Лоуренс, построивший циклотрон, сразу же применил вмес[те] со своим братом-врачом искусственную радиоактивность для ле[-] чения злокачественных опухолей при помощи создания ради[о-] активного натрия с периодом полураспада в 15 часов, а знач[ит] и радиоактивной поваренной соли. На рисунке 16 пока[-] зана схема получения радиоактивного натрия и его распад[а]. Открытие таких веществ, как радиоактивная поваренная со[ль] или радиоактивный фосфор, имеет большое значение для меди[-] цины. Естественные радиоактивные вещества в большинстве свое[м] вредны для организма. Они имеют большой период полураспа[да] (например радий — 1 590 лет), а поэтому, оставаясь в организм[е], начинают разрушать его. Между тем искусственные радиоактивн[ые] вещества безвредны для органи[з-] ма, так как распадаются быстр[о]. Они легко вводятся в организ[м] и их действие может быть пр[о-] слежено по всему организму.

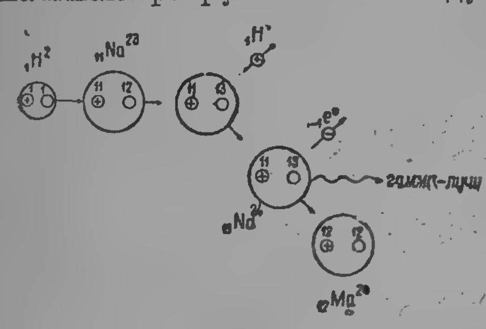


Рис. 16. Получение радиоактивного натрия и его распад

Искусственная радиоактив[-] ность имеет большое значен[ие] для биологии, для исследован[ия] биологических процессов, а та[к-] же для создания важных биол[о-] гических веществ, как, напр[и-] мер, витамин A, витамин D и т. [п.]

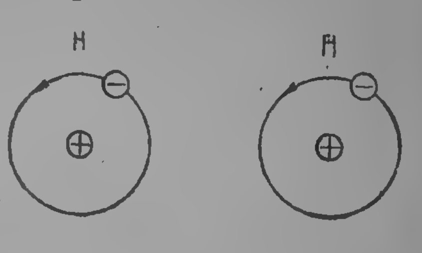
Искусственная радиоактивность имеет важное значение для промышленности, для технологических процессов, для д[е-] фектоскопии, для просвечивания бетона, металлов, для создан[ия] светящихся составов.

Искусственная радиоактивность должна сыграть громадну[ю] роль в химии, так как искусственный радиоактивный элеме[нт] может служить в виде ничтожной примеси при химической реа[к-] ции в качестве индикатора. Так называемые «меченые атом[ы]» могут служить для исследования хода химических процессо[в], для улучшения строящихся на этих процессах технолог[и-] ческих приемов, например при получении редких металл[ов] и т. п.

Наконец, нельзя умолчать о том, что сообщила американск[ая] и швейцарская пресса. Германские фашисты, подчинивш[ие] науку своей разбойничьей политике и поддерживающие нау[ч-] ные исследования лишь постольку, поскольку они служат ц[е-] лям фашистского грабежа, пытаются использовать открыт[ия] современной атомной физики для производства новых взры[в-] чатых средств.

5. ТЕОРИИ СТРОЕНИЯ АТОМНОГО ЯДРА

Прежде чем перейти к теориям строения атомного ядра, необходимо со всей решительностью подчеркнуть, что отказ от механических представлений в применении их к микромиру вовсе не связан только с атомным ядром. Наоборот, эти представления оказываются несостоятельными и для объяснения явлений, относящихся к атомной оболочке, к движению электронов между атомами вещества, к строению молекул. Попытки к созданию моделей, которые, подобно модели атома Бора, в сущности дают механическое представление о микромире, содержат в себе значительную опасность. Невольно об атомах складывается представление, будто они — своего рода кристаллы, между тем как в действительном атоме нет ничего похожего на размещенные по орбитам шарики боровской модели.



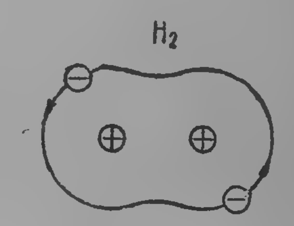


Рис. 17. Гомеополярная молекула водорода

В самом деле, такие явления, как строение твердого вещества, как особенности металлов, физические процессы вблизи абсолютного нуля, электропроводность и свойства изоляторов, многообразные магнитные и магнитооптические явления, различные физико-химические процессы, валентность, катализ и т. д. и т. п., — все это необъяснимо с точки зрения старых представлений макрофизики. Мы не можем останавливаться здесь на всех этих явлениях, так как это нельзя сделать, не разобрав каждое из них с привлечением объемистого экспериментального и теоретического материала. Приводя ниже два характерных примера, относящихся к самым общим явлениям микромира, мы обращаем внимание на то, что эти явления совершенно безнадежно пытаться понять механически, ибо в них проявляется новая форма материального движения.

Как объяснить, например, образование молекулы водорода из двух водородных атомов? Известно, что каждый из них в свободном состоянии состоит из одного протона и одного электрона. Придерживаясь механической модели, можно представить себе дело так, что при соединении в молекулу каждый из электронов теряет индивидуальную связь со своим протоном и связывается с обоими протонами. Электроны, двигаясь по стягивающей протоны орбите, охватывающей сразу оба протона (рис. 17), теперь как бы непрерывно обмениваются местами.

Однако эта механическая картина, прельщающая своей
глядностью, имеет тот «маленький» недостаток, что она
вразрез с фактами. Количественные результаты, получае
на ее основе, противоречат явлениям, наблюдаемым в спектр
водородных молекул, не согласуются с их закономерностя
Чтобы учесть эти выведенные теоретически на основе кванто
механики и подтверждаемые экспериментально закономер
сти, необходимо решительно отказаться от механическ
представления о том, будто оба электрона, двигаясь по орб
меняются местами, и согласиться с тем, что оба электрона
различимы. Для того чтобы помочь нашему воображению,
выкшему мыслить через призму макромира, представить
это, можно сказать так: если электрон в атоме водорода вооб
зить в виде облака, простирающегося вокруг протона, то в во
родной молекуле одна половина этого облака окружает од
другая — второй протон. Но, разумеется, и это является ли
весьма упрощенной аналогией.

В качестве второго примера возьмем электрический ток в
таллическом проводнике. Это поток электронов, движущи
в металле в одном направлении. Атомы, точнее ионы, т. е. ост
щиеся части атомов после удаления внешних подвижных элект
нов, совершают лишь небольшие тепловые колебания, ме
тем как электроны свободно перемещаются по всей
тока. Таким образом, выходит, что электроны обладают бо
шей свободой, чем атомы. Это представление находится в п
тиворечии с представлениями классической физики. Для т
чтобы объяснить явление электрического тока, переход эл
трона от одного иона к другому, необходимо допустить,
электроны представляют собой не только частицы, но вме
с тем и волны. Электроны не перемещаются от иона к иону
подобие шариков, а словно просачиваются между ионами.

Конечно, цепляться за представление об электроне, ка
макротеле, втихомолку приравнивая его к своему собственно
телу, здесь не годится. Представление о том, будто из компа
в которой размеры окон и дверей не позволяют протиснут
через них, можно выбраться, протискиваясь через все эти от
стия одновременно, мы отвергаем по вполне разумным осно
ниям, как какую-то чертовщину. Но ведь электрон—это не мак
частица. Делая опять-таки уступку привычным нам механическ
представлениям, попытаемся дать наглядное представление
электрическом токе с этой новой, квантовой точки зрения, п
тверждаемой многочисленными экспериментальными данны
Вблизи своего иона электрон как бы заперт в ящике (см. рис.
он не обладает достаточной энергией, чтобы далеко удалиться
иона, он не может удалиться настолько, чтобы попасть в ящ

соседнего иона. Но так обстоит дело лишь с точки зрения классической физики. Если же электрон является не только частицей, но и волной, то он может, не поднимаясь до верхнего края ящика (для чего ему нехватает необходимой энергии), все же просочиться или перехлестнуться через него.

Конечно, приведенные примеры разобраны здесь лишь в упрощенном виде, причем упущена одна крайне важная их сторона — статистический характер микропроцессов. На этой стороне мы остановимся подробно в дальнейшем. Тем не менее, чтобы избежать возможных недоразумений, мы уже здесь отметим, что закономерности микромира, в том числе и закономерности, относящиеся к молекулярным системам, получены, как правило, из большого количества наблюдений. Эти наблюдения дают для измеряемых величин не одно единственное значение, а ряд значений, лежащих около некоторого среднего. И в отличие от класси-

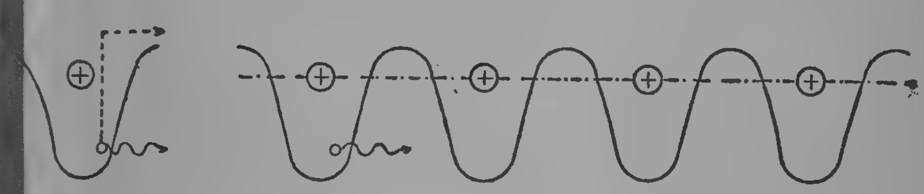


Рис. 18. Модель движения электронов в проводнике

ческой физики квантовая механика не приписывает это обстоятельство несовершенству измерительных приборов и постановки опыта, а считает его общим свойством всех физических объектов, которые никогда не являются вполне тождественными.

Механические представления дают огромные положительные результаты в макроскопической области; на них построена, за исключением лишь немногих достижений новейшего времени, почти вся наша техника. Тем не менее отказ от этих представлений необходим при переходе в мир атома, а тем более в мир атомного ядра. И, нужно сказать, этот отказ связан исключительно с тем, что здесь, в микромире, мы встречаемся с новыми формами движения, не сводимыми к движению механическому, более того, лежащими, как мы еще увидим, в основе механического и других форм движения.

Таким образом, неправильно было бы приписывать отказ от механического толкования атомных процессов большей сложности их закономерностей. Можно даже, наоборот, отметить, что закономерности атомного ядра более просты, чем закономерности атомной оболочки (по крайней мере при современном состоянии наших знаний), хотя последние сложнее механических. Следовательно, определяющим в построении теории микропроцессов является не требование математической простоты, а характер

тех объективных явлений, которые эти теории призва
отражать.

Как уже сказано, атомное ядро состоит только из тяже
частиц — из протонов и нейтронов. Легких частиц — элект
нов или позитронов — оно не содержит. Это обстоятельство им
по двум причинам большое значение. Во-первых, благод
ему квантовая — волновая — механика, разработанная для ат
ной оболочки, пригодна в качестве первого приближения и
внутриатомного мира. Если бы в ядро входили и легкие части
движущиеся с большими скоростями, то при их изучении при
дилось бы учитывать теорию относительности. Но теория, о
единяющая как теорию относительности, так и теорию ква
пока не построена. Во-вторых, отсутствие легких частиц в я
является новым подтверждением основных положений кван
вой механики. Эти положения не допускают существования
ких частиц в области ядра, где имеются огромные энергии свя
И действительно, экспериментальные исследования подтверд
эти теоретические соображения.

В настоящее время существует несколько различных гипо
о строении атомного ядра. Если придерживаться механичес
представлений, которые неприменимы к явлениям атомного ми
а тем более к явлениям атомного ядра, то задача этих гипо
состоит в следующем: нужно выяснить, как расположены в п
странственном отношении частицы, составляющие ядро, как р
положены энергетические уровни, какие силы действуют ме
частицами в ядре. Необходимо объяснить, почему частицы,
держащиеся в ядре, не разлетаются, почему силы отталкива
не разбрасывают во все стороны эти собранные в таком тес
пространстве частицы. Однако, как уже сказано, такая фор
лировка задачи является крайне упрощенной, потому что
переносит на атомный мир и даже на атомное ядро представле
о частицах и их поведении, взятые нами из области макроми
Не упуская этого из виду, остановимся лишь на некоторых из у
занных гипотез.

Следует выделить сначала те положения, которые являю
бесспорными. Известно, что альфа-частицы (положительно за
женные ядра гелия) рассеиваются атомными ядрами, отта
ваются ими, причем сила отталкивания возрастает по зак
Кулона, верному для любых электрических зарядов: она обра
пропорциональна квадрату расстояния между ними. Однако
быстрое увеличение отталкивания при приближении к ядру им
место лишь до определенного расстояния, а именно, примерно
нескольких 10-биллионных долей сантиметра,—это так назы
мый радиус ядра. Начиная с этого расстояния, отталкивание пе
ходит в притяжение, вызванное силами, связывающими ме

собой составные части ядра. Эти силы притяжения растут значительно быстрее (они обратно пропорциональны пятым, седьмым, а может быть и девятым степеням радиуса), чем кулоновские силы отталкивания, но, как уже отмечено, действуют они лишь на крайне малых расстояниях.

Для наглядности пользуются механической моделью, изображенной на рисунке 19.

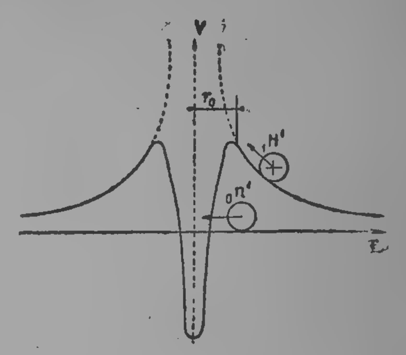


Рис. 19. Механическая модель потенциального барьера

Если покатить шар по склону вулкана снизу вверх так, чтобы он перевалил затем через край кратера и упал на его дно, то необходимо придать шару такую начальную энергию, при которой он был бы в состоянии достигнуть самой верхней точки края кратера.

В противном случае шар, использовав переданную ему энергию, покатится обратно и вернется к исходной точке с начальной скоростью.

В атомном ядре высоте края кратера соответствует так называемый «потенциальный барьер» — то напряжение, которое окружает ядро. Даже у ядер самых легких элементов оно достигает

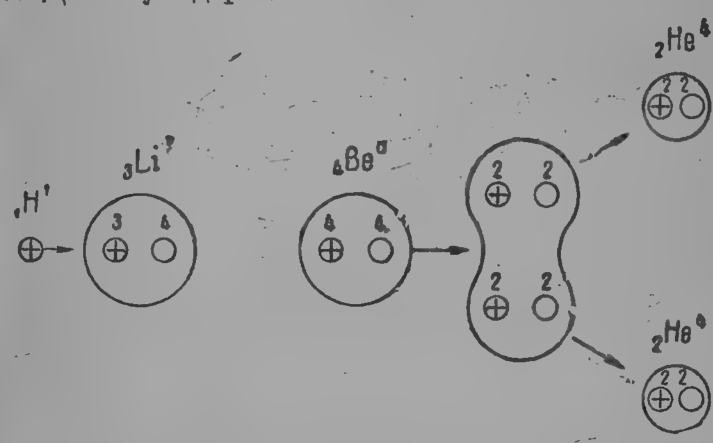


Рис. 20. Превращение ядра атома лития обстрелом протонами, искусственно полученными Коккрофтом и Уолтоном (1932)

нескольких миллионов вольт. Поэтому энергия частиц — протонов или дейтонов, которыми бомбардируется ядро,—должна бы достигать — так по крайней мере может показаться — нескольких миллионов электрон-вольт, а для альфа-частиц, обладающих двойным зарядом, еще и вдвое больше. Иначе эти снаряды будут рассеиваться, не смогут проникнуть в ядро и не произведут никаких превращений в нем.

И все же Коккрофту и Уолтону впервые в 1932 г. удалось д
биться ядерных превращений обстрелом искусственными част
цами (этот процесс изображен на рисунке 20), несмотря
то, что в их распоряжении были напряжения немногим боль
500 тысяч вольт. Объяснение этому явлению нужно искать
в старой ньютоновской механике, а в представлениях новой во
новой механики.

Еще в 1905 г. Эйнштейн для объяснения упомянутого у
фотоэлектрического эффекта, применяя идеи квантовой теори
предположил, что каждая электромагнитная волна связана с ч
стицей — световым квантом или фотоном. В 1924 г. де Брой
в дополнение к этому приписал, наоборот, частицам вещест
неразрывно связанные с ними волны.

Де Бройль пришел к этой замечательной идее не совсем обы
ным для физиков путем. Изучая историю физики, он обрати
внимание на параллель, существующую между оптикой и мех
никой. Как известно, свет распространяется волнами, но д
большого круга оптических явлений достаточно рассматрива
не световые волны, а лишь лучи света, т. е. как бы молчали
допускать, будто свет — это поток частиц, выбрасываемых исто
ником, как это первоначально предполагал Ньютон. Светов
луч в однородной среде распространяется прямолинейно, а в ра
нородной среде — так, словно он, употребляя сравнение, «выб
рает» себе путь «по линии наименьшего сопротивления». Но т
кое поведение светового луча перестает казаться таинственны
как только мы примем во внимание, что ньютонова теория све
экспериментально опровергнута, что свет в действительнос
представляет собой волнообразный процесс. Тогда оказываетс
что путь луча «по линии наименьшего сопротивления» опред
ляется не его выбором, а движением волн, а это движение в сво
очередь — принципом сохранения энергии.

Однако — а именно на это и обратил внимание де Бройль -
по линии наименьшего сопротивления, или, выражаясь точне
по принципу наименьшего действия, движется не только свето
вой луч, но, согласно наиболее общим законам механики, и лю
бое тело. Естественно сделать предположение, что такое поведе
ние тела объясняется тем, что с телами связаны волны и что за
коны движения волнового процесса определяют движение те
по принципу наименьшего действия.

Длина волн, приписываемая де Бройлем частицам, тем больш
чем меньше масса и механическая скорость частиц. Часто
волн пропорциональна энергии частиц; скорость распространени
волн больше скорости света. В отличие от электромагнитны
и гравитационных волн волны де Бройля не переносят энерги
из одного места пространства в другое, значит они имеют собс

шенно другую природу, чем световые, электромагнитные, гравитационные, а тем более звуковые, тепловые или механические волны. Для относительно медленных электронов, движущихся со скоростью 700 километров в секунду, длина этих волн должна исчисляться 10-миллионными долями сантиметра, т. е. она должна быть примерно равна длине волн рентгеновских лучей. Их частота — порядка сотен триллионов колебаний в секунду, а скорость распространения — примерно 13 миллионов километров в секунду.

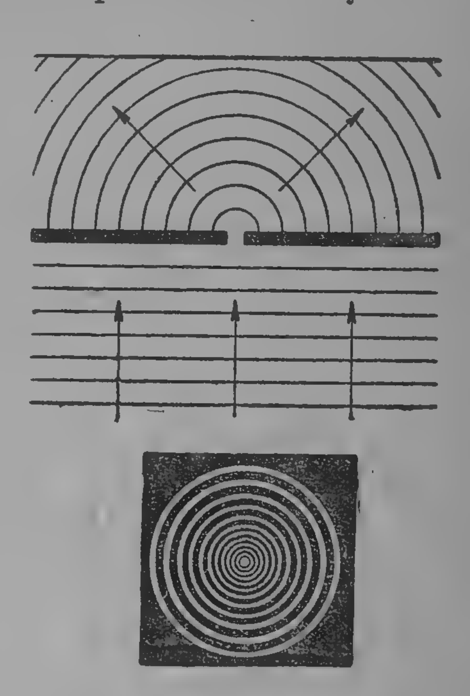


Рис. 21. Дифракция света

Первое экспериментальное подтверждение волновой природы атомных частиц было дано в 1927 г. американскими физиками Дэвиссоном и Джермером. Они доказали, что электроны, будучи не только частицами, но и волнами, испытывают явление огибания, дифракции, характерное для всех волновых процессов, например для звука и для света, и совершенно немыслимое для обыкновенных частиц, как они понимаются классической механикой.

Так, как это указано на рисунке 21, дифракция света получается тогда, когда волны света встречают на своем пути преграду со щелью. Они проходят через нее, огибая углы, загибаясь за край щели. На экране против щели виден, кроме яркого пятна — ее отображения, еще ряд чередующихся темных и светлых полосок, постепенно исчезающих. Полоски, названные интерференционными, образуются потому, что в одну и ту же точку экрана попадают лучи, идущие от разных мест щели и обладающие, следовательно, разностью хода волны. Если разность хода равна полуволне, то, как это видно по изображению на рисунке 22, место на экране будет темным; там, где разность хода равна целой волне, наблюдается усиление света.

погашение

усиление

Рис. 22. Интерференция света

Дэвиссон и Джермер добились дифракции электронов, обстреливая быстрыми электронами поверхность кристалла никеля. В 1928 г. Дж. П. Томсон и Кикучи, пропуская быстрые элект-

роны сквозь тонкий листок металла, например серебра, по
чили на фотографической пластинке характерную картину
фракции, совершенно сходную с той, которая еще в 1912 г. бы
получена Лауэ при прохождении рентгеновских лучей (кото
являются электромагнитными волнами высокой частоты) че
кристаллы. Таким образом, волновой характер электронов,
в дальнейшем и других частиц был доказан еще раз.

Исключительно важно отметить тот экспериментальный фа
что при прохождении электронов через листок металла сила т
настолько мала, что электроны идут редко, по одному, че
небольшие промежутки времени. На фотографической пласти
каждый отдельный электрон образует точечное почерне
(или, при непосредственном наблюдении на фосфоресцирую
экране, каждый электрон дает отдельную точечную вспыш
Значит, пройдя через листок, электроны не теряют своего с
ства частиц. Тем не менее, если бы электроны были обыкновен
макрочастицами, эксперимент не дал бы характерной для волн к
тины дифракции — почернения не образовали бы правиль
фигуру, а были бы хаотически распределены по всей пласти
Таким образом, прохождение электронов и вообще микроча
(экспериментально были получены картины дифракции для п
ков протонов и ионов) через металл (а также и кристаллы)
исходит так, словно через вещество проходят не частицы, а во

Итак, физики стали лицом к лицу с крайне парадоксаль
прямо-таки загадочным фактом. Двойственное поведение по
электронов нельзя было примирить с понятием материальных
стиц, ибо под материальной частицей в физике понимались
этого макроскопические частицы. Следовательно, все указан
эксперименты и многочисленные другие опытные факты с н
бежностью ставили перед физиками задачу крутой революц
ной ломки прочно сложившихся понятий. Эти понятия надо б
заменить другими, непривычными понятиями, при переходе к
лениям, в которых участвуют микрочастицы, т. е. при п
ходе к микромиру. Перед физиками приоткрылась завеса,
тех пор скрывавшая целый новый мир — мир микроча
квантовых процессов, мир, характеризующийся новой фо
материального движения, отличной от механической и от
ших форм движения.

Необходимо предостеречь от представления, которое пыта
истолковать волновой характер потоков микрочастиц ме
чески, уподобляя волны де Бройля волнам электромагнит
или гравитационным, рисуя их себе в виде хвоста, при
лепного к частице. Как это совершенно ясно видно хот
из описанного выше эксперимента дифракции электронов,
смысленно говорить о дифракционной картине, а следовате

о де-бройлевской волне одного отдельно взятого электрона. Волна является результатом взаимодействия между отдельным электроном и всем потоком, она характеризует связь отдельной частицы со всей совокупностью частиц. Как показал в 1926 г. Борн, величина, характеризующая волну, означает вероятность того, что электрон находится в какой-либо данной точке. Можно сказать и так: электрон ведет себя, как частица, когда он сталкивается или взаимодействует с другими объектами; однако электрон не является макрочастицей,—связи электронов в совокупности их отличны от связей макрочастиц, вероятность того, что электрон находится в том или в другом месте, имеет волновой характер. Может оказаться, что в каком-либо определенном месте, согласно де-бройлевской волне, должна бы находиться, например, одна треть электрона, но это не значит, что так будет в действительности. В данном месте или всегда будет находиться целый электрон, или не будет находиться никакой. Однако если мы произведем достаточно большое количество экспериментов, то в одной трети из них электрон окажется на месте, а в двух третях его не будет. Таким образом, волны эти получают статистическое истолкование.

Необходимо, однако, со всей решительностью подчеркнуть, что это вовсе не означает, будто эти волны являются лишь математической фикцией. Нет, они наблюдаемы экспериментально и столь же реальны, как и частицы. Утверждение о фиктивности волн де Бройля и всего волнового процесса, теория которого—волновая механика—в развитие идеи де Бройля была создана в 1926 г. Шредингером, основано, с одной стороны, на смешении понятий, с другой, — на неправильном, идеалистическом понимании вероятности. Верно, что волны де Бройля не являются разновидностью материи наподобие электромагнитных или гравитационных волн. Но волны де Бройля выражают свойство материи — совокупности микрочастиц, а следовательно, они вовсе не фиктивны. Верно далее, что волны де Бройля имеют статистический, вероятностный характер. Но вероятность, вопреки утверждению махистов, не является субъективной категорией, не является мерой нашего ожидания. Вероятность имеет вполне объективное значение, являясь мерой превращения возможности в действительность. Если, например, при бросании игральной кости выпадение одной какой-либо определенной грани равно $\frac{1}{6}$, то это, понятно, зависит не от степени нашего знания, а от геометрической формы кости и ее механических свойств. Также и здесь, вероятностные волны де Бройля обусловлены характером взаимодействия между микрочастицами, образующими совокупность, отражают подлинную физическую реальность.

Статистическое истолкование волновых явлений, характер зующих поток частиц, является единственно возможным. Вм сте с тем, вопреки мнению многих современных физиков, он не является исчерпывающим. В подоснове этих волн лежат и дивидуальные квантовые процессы, действия отдельных микр частиц. Квантовая механика не ставит себе задачи изучать э процессы, она лишь **о п и с ы в а е т** вытекающие из них яв ния, вопрос об **о б ъ я с н е н и и** этих явлений из индивидуал ных актов она сознательно оставляет в стороне. Можно, одна не сомневаться в том, что с дальнейшим прогрессом эксперим тальной и теоретической физики удастся изучить те индивидуал ные микропроцессы, которые вызывают волновые явления. Н и тогда, понятно, волны де Бройля не потеряют своего стат стического характера, ибо как таковые они даны нам опыто

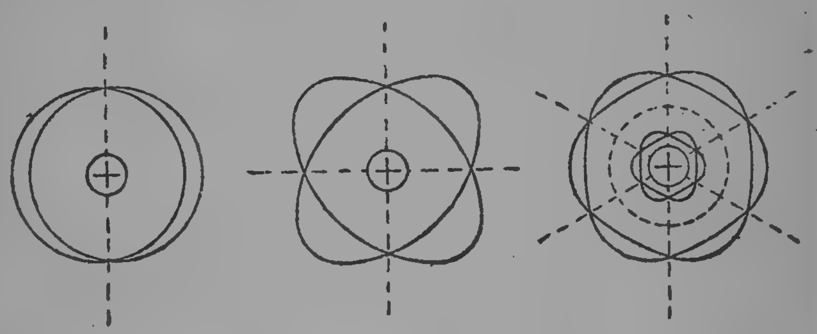


Рис. 23. Волновая модель атома водорода; волны, укладывающиеся 1, 2, 3 раза на орбиту

И волновая механика не потеряет своей ценности, ибо она является, как думают некоторые, суррогатом, вызванным наш незнанием закономерностей индивидуальных микропроцессов неумением математически справиться с ними. Она представля собой теорию действительных взаимодействий и как теория цело не станет излишней и тогда, когда мы будем обладать теори отдельных частей, это целое составляющих.

Волновая теория сумела в применении к электронной обол ке блестяще объяснить сложнейшие явления. От прежнего пр ставления движущегося вокруг ядра по круговой или эллип ческой орбите электрона пришлось отказаться. Зато проц вырывания электрона из атомной оболочки представляется тепе наглядно в виде стоячей шароподобной волны — графика расп деления отдельных точечных актов. Эти шароподобные волны м гут образовать различное количество узлов, как это изображе на рисунке 23. Чтобы получить представление о шаровид поверхностях, необходимо каждую из начерченных кривых в щать вокруг вертикальной оси.

Идеи волновой механики получили теперь, в применении к атомному ядру, новое блестящее подтверждение. Поскольку поток частиц, движущихся в направлении к ядру, обладает волновыми свойствами, можно сравнить его поведение относительно «потенциального барьера» с поведением обыкновенных световых волн на границе между двумя оптическими средами. Как известно, даже в случае, когда эта граница в совершенстве отражает волны, незначительная часть волн все же проникает из одной среды в другую, как это изображено на рисунке 24. Так обстоит дело и здесь. Даже если энергия потока частиц недостаточна для того, чтобы они прямо «перескочили» через барьер (см. рис. 19), все же благодаря волновому характеру часть их проникает в ядро.

Спрашивается далее, какова природа внутриядерных сил? Это так называемые обменные силы. Мы уже знакомились с обменными силами, встречающимися в гомеополярных молекулах. Явления, происходящие в атомном ядре, представляют, однако, лишь весьма отдаленную аналогию с обменом электронов между атомами, образующими гомеополярную молекулу. Согласно созданной Гейзенбергом и Майорана в 1932—1935 гг. гипотезе, между протоном и нейтроном действуют обменные силы: при определенных условиях протон, испуская позитрон, превращается в нейтрон, и, наоборот, нейтрон, испуская электрон, превращается в протон, причем в этих процессах участвует еще одна нейтральная частица — нейтрино. И так же, как и в случае с гомеополярными молекулами, в атомном ядре обменные силы не связаны с обменом местами электрона и позитрона, они являются, собственно, силами превращения одних частиц в другие, выражаясь еще точнее — силами перехода частицы из одного состояния в другое состояние. В самое последнее время в физике все больше укрепляется мнение, что нейтроны и протоны — это не различные частицы, а только различные состояния одной и той же частицы.

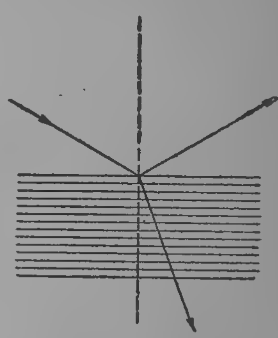


Рис. 24. Отражение и преломление света на границе двух сред

Но нейтроны и протоны — не первые частицы, которые физики перестали рассматривать как совершенно различные сущности. Еще в 1932 г. Андерсоном при исследовании космического излучения, т. е. излучения, проникающего к нам на Землю из отдаленных, лежащих далеко за пределами нашей планетной системы частей вселенной, была открыта частица такой же малости, как электрон, но заряженная положительно. Она была названа позитроном. В том же году Блекетт и Оккиалини открыли, что всякий позитрон при своем возникновении сопровождается элект-

роном. Позднее, в 1934 г., позитрон был также обнаружен п
изучении искусственной радиоактивности.

Хотя позитроны встречаются очень часто, открыть их бы
нелегко, так как, в отличие от электронов, они крайне неусто
чивы: продолжительность их «жизни» равна 100 миллионным д
лям секунды. Рождаясь из фотонов при определенных услови
«в паре» с электроном, позитрон вместе с электроном при с
ударении могут уничтожаться, причем образуются два фото
разлетающиеся в противоположные стороны. Таким образо
электроны и позитроны выступают как две разновидности, д
состояния одной и той же частицы.

Существование позитронов было предсказано теоретическ
В 1925 г. Дирак построил теорию движения электрона, учит
вающую требования теории относительности. Разрабатывая даль
эту теорию, Дирак первоначально пришел к положению о суще
вовании отрицательной энергии, но затем ему удалось сохрани
все ценное в его теории, не прибегая к нелепому для теории ква
представлению об отрицательных уровнях энергии, сделав
пущение, что существуют положительно заряженные электро

Дирак высказал гипотезу, что по аналогии должны сущест
вать и отрицательно заряженные протоны как зеркальн
отображения обычных положительных протонов, но что для
обнаружения потребуется большая энергия. В мире должны
ществовать области, где преобладают позитроны и отрицательн
протоны, подобно тому как у нас электроны и положительн
протоны. При таком предположении асимметрическое строен
мира, проявляющее себя в различной роли электрона и поз
рона, будет лишь кажущимся.

Интересно, что, как указал К. В. Никольский, проявляющу
в мире электронов и позитронов двойственность можно было
истолковать при допущении, что в этом мире время может п
текать не только от прошлого к будущему, но что при определ
ных условиях направление времени может изменяться, и о
если сравнить его с нашим временем, может протекать от бу
щего к прошлому. Допущение, что во вселенной имеются г
мадные области, где направление времени обратно нашему, бы
выдвинуто еще в конце прошлого века физиком-материалис
Больцманом с целью опровергнуть поповскую теорию «теплов
смерти» вселенной. Таким образом, если принять это новое ист
кование теории Дирака, которое, однако, является лишь од
из возможных гипотез, то оно лишний раз подтверждает,
«крайности сходятся», что закономерности «мира в малом» и «
ра в целом» едины, что отдельные формы движения в таких
лых областях нашей части вселенной, как мир электро
являются, употребляя биологическую терминологию, зачат

ными формами, остатками прежних или зародышами будущих форм, господствующих и теперь в больших областях в других частях вселенной.

Разумеется, именно благодаря своей необыкновенности, экспериментально установленные превращения частиц были широко использованы идеалистами для утверждения о «материализации энергии» и «аннигиляции материи», хотя на деле здесь имеет место лишь переход между двумя различными видами материи — между веществом и электромагнитным полем. Наиболее замечательно, однако, то, что факт существования «пар» и их превращений постепенно заставляет физиков отказаться от взгляда на электроны и позитроны, как на самостоятельные частицы, и вынуждает видеть в электронах лишь различные состояния одной и той же частицы.

Необходимо, однако, отметить, что уже знакомый нам бета-распад (испускание электронов или позитронов ядрами некоторых радиоактивных атомов), который, казалось бы, как раз и представляет собой обменный процесс между протонами и нейтронами ядра, не удалось удовлетворительно объяснить этим путем. Энергии, наблюдаемые в бета-распаде, во много раз превосходят теоретически вычисленные. Но в 1935 г. японским физиком Юкава была выдвинута гипотеза, предсказывающая существование частиц с «промежуточной» массой, т. е. с массой, большей массы электрона, но меньшей массы протона. И действительно, такие частицы впоследствии, в 1937 г., были обнаружены экспериментально в космическом излучении. Эти частицы, названные «мезотронами» или «мезонами», обладают массой, примерно в двести раз большей, чем масса электрона, причем примерно одна половина из них заряжена электрически положительно, другая — отрицательно, а по величине их заряд, вероятно, равен заряду электрона. Они весьма неустойчивы, время их жизни равно трем миллионным долям секунды, если считать это время в системе самого мезотрона, и — как следует из теории относительности — соответственно больше, если отсчитывать это время, например, в системе измерительных приборов, по отношению к которым мезотрон движется с крайне большой скоростью. Согласно новейшим гипотезам, именно мезотроны, а не легкие электроны, обусловливают происходящий в ядре обмен между нейтронами и протонами.

При этом предполагают, что при превращении протона — вследствие столкновения с фотоном — рождаются нейтрон и положительный мезотрон; при превращении нейтрона рождаются протон и отрицательный мезотрон. Так как эта гипотеза не вполне согласуется с данными о поглощении мезотронов, то были выдвинуты и другие предположения: по одним — пара, состоящая из положительного и отрицательного мезотронов, рождается при

столкновении двух фотонов, обладающих крайне высокой эн
гией; по другим — пара мезотронов рождается при столкно
нии позитрона и электрона, обладающих очень большой эн
гией. Что же касается распада мезотронов, то предполага
что отрицательный мезотрон превращается в электрон и н
трино, а положительный — в позитрон и нейтрино. Однако н
трино — частицы, не имеющие заряда и обладающие край
малой массой,— экспериментально до сих пор не обнаруже
хотя предположение об их существовании вызвано рядом
ких соображений, возникающих при наблюдении внутрияд
ных процессов.

Следует упомянуть еще об одной предположительно сущ
вующей элементарной частице. В 1936 г. было эксперимента
установлено, что в ядре между двумя протонами, а также меж
двумя нейтронами существует сила взаимодействия, по ве
чине равная обменной силе между протоном и нейтроном. Д
объяснения этой силы была выдвинута гипотеза о существова
нейтральных частиц, названных нейтретто и обладающих той
массой, как и мезотроны. Предполагается, что нейтретто исп
каются и поглощаются протонами и нейтронами, и эти обмен
процессы связывают пары протонов (или нейтронов) между соб
То обстоятельство, что экспериментально нейтретто до сих
не обнаружено, объясняют тем, что эти частицы обладают кр
не малым периодом существования — в десятки миллиар
меньшим, чем продолжительность жизни мезотронов. При р
паде нейтретто превращаются в фотоны.

В последнее время советские физики Тамм и Ландау выдвину
гипотезу, согласно которой протон и отрицательный мезотр
не порождают нейтрона, т. е. не создают нечто новое, а образу
его, являются его составными частями; таким образом, по это
предположению, нейтрон оказывается сложной составной час
цей, некоторой аналогией водородного атома. Пока что эта иде
соблазнительная своей формальной стройностью, но вызываю
ряд серьезных сомнений, еще не разработана настолько, что
дать возможность проверить ее.

Мы опускаем здесь рассмотрение ряда других гипотез, пыта
щихся представить ядро в виде сложной системы элементарн
частиц, гипотез, которые вследствие своего механистическо
характера являются неудовлетворительными. Эти гипотезы уп
скают из виду, что наблюдаемые нами вне ядра частицы не об
зательно должны существовать в ядре в том же самом виде, к
и вне его, что они вообще не обязательно должны существова
в ядре в «готовом виде», а могут «рождаться» из ядра.

Неудовлетворительность различных гипотез, пытающихся объя
нить ядерные процессы исходя из макроскопических предста

ний, привела к тому, что в 1936 г. Бором была построена «капельная» теория атомного ядра. Эта теория, учитывающая известную параллель между атомной оболочкой и атомным ядром, ставит себе задачей построить новые принципы, дающие возможность вскрыть физические причины, вызывающие ядерные явления. Ее задача — дать методы приближения, описывающие наблюдаемые количественные закономерности. Для того чтобы иметь возможность привести эти количественные закономерности в систему, Бор прибегает к аналогии, сравнивая атомное ядро в энергетическом отношении с каплей жидкости. Поводом для этой аналогии послужило то обстоятельство, что в атомном ядре решающим является не поведение отдельной составной его частицы, а поведение всего ядра в целом. Это находит свое выражение в том, что так называемые обменные силы с возрастанием числа взаимодействующих частиц убывают очень быстро. Здесь имеется известная аналогия с силами поверхностного натяжения в жидкости. Последние зависят от величины поверхности, которая возрастает медленнее, чем объем и масса. Аналогично этому обменные силы растут медленнее, чем кулоновские электромагнитные силы отталкивания, действующие между частицами. Поэтому при определенном соотношении между числом, характеризующим заряд ядра, и числом частиц ядро становится неустойчивым.

Бор поставил низкие уровни энергии в соответствие с колебаниями капли, высокие — с ее вращением. Превращения атомного ядра, его распад эта теория уподобляет или процессу испарения частиц капли с ее поверхности — это в тех случаях, когда ядро выбрасывает или поглощает элементарные частицы и его порядковый номер изменяется на одну-две единицы, — или же процессу деформации поверхности капли, образованию шейки и разрыву капли на две части — это в случае деления ядер урана и тория.

Но отождествлять ядро с каплей, приписывать ему в самом деле поверхностное натяжение и т. п., разумеется, нет никаких оснований. Мы имеем здесь дело лишь с аналогией, построенной на том, что оба явления — процессы в капле и процессы в атомном ядре — подчиняются некоторым весьма общим количественным закономерностям.

К сказанному нужно добавить, что в атомных явлениях было открыто новое свойство, не имеющее себе аналогии в макромире,— это так называемый «спин». Под спином понимают те механические и электромагнитные вращательные явления, которые вызываются — как первоначально полагали — вращением электронов или других частиц — протонов и нейтронов, а также образованных из них более сложных тел — атомных ядер — вокруг

своей оси (рис. 25). Однако, как и все другие попытки примен... к микромиру механические представления, эти представле... о спи́не пришлось отбросить. Представление об электроне, п... тоне и т. д., как о вращающихся шариках, маленьких электр...

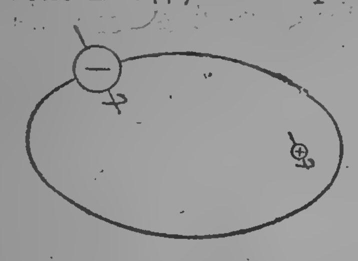


Рис. 25. Механическое представление о спи́не

ских волчках и т. п., является со... шенно неверным. Нетрудно подсчита... что если бы спин электрона состоя... его вращении как шарика, то посту... тельная скорость движения точки... «экваторе» электрона во много раз п... вышала бы скорость света, что явно ... лепо.

Между тем спин — это вполне реа... ное явление, которое имеет своим сл... ствием экспериментально наблюдаемые факты — тонкую и све... тонкую структуру спектральных линий, а также открытое ... в 1896 г. Зееманом явление расщепления спектральных линий ... воздействием сильных магнитных полей. Объяснение спи́на ... стоит в том, что волны де Бройля, связанные, как мы ...

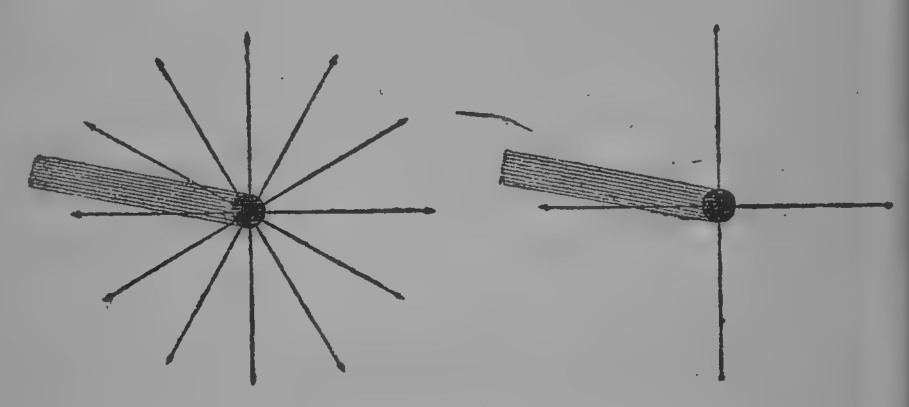


Рис. 26. Поляризация света

знаем, с частицами, претерпевают при известных условиях ... ляризацию, аналогичную той, которая встречается в явлен... световых и электромагнитных волн.

Свет, как известно, представляет колебания электромагнит... напряжений, распространяющихся от источника во все сторо... причем эти колебания происходят поперечно к световому луч..., при обыкновенных условиях, во всех направлениях, перпенди... лярных к нему (рис. 26). Однако в других случаях при отра... нии света под определенным углом, при преломлении его че... некоторые кристаллы или поглощении при его рассеянии и т... колебания не происходят во всех направлениях, перпендику... ных к световому лучу, а только в двух взаимно перпендику...

ых плоскостях, например в вертикальной и горизонтальной. В таких случаях говорят о поляризации света.

По аналогии спин представляет собой поляризацию волн де Бройля. При этом два электрона могут отличаться своими спинами лишь постольку, поскольку (если придерживаться аналогии, которую, однако, не следует принимать слишком буквально) отличаются друг от друга поляризационные состояния света.

Для более легкой обозримости превращений материальных частиц Б. Кедровым была построена весьма наглядная схема, которую мы здесь (рис. 27) воспроизводим в упрощенном виде. При ее рассмотрении следует иметь в виду, что обозначенные стрелками превращения происходят лишь при определенных энергетических условиях.

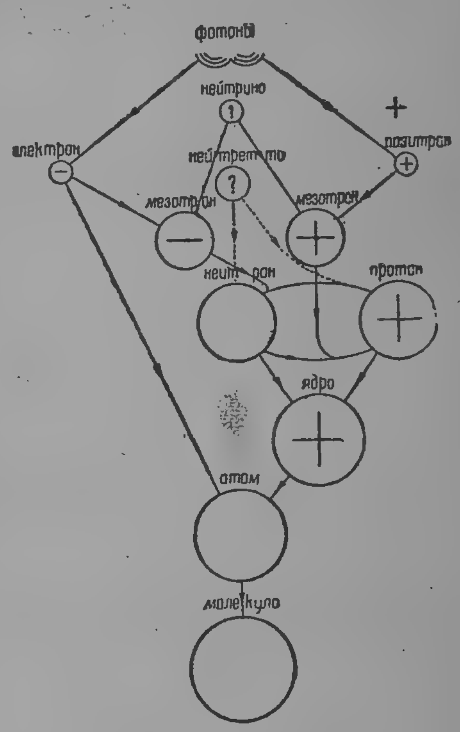


Рис. 27. Схема эволюции частиц

Отмеченные кружочками частицы отличаются друг от друга не только зарядами (на левой половине—схемы, отрицательно заряженные, посередине — нейтральные, на правой — положительно заряженные), массой (электрон, нейтрино, позитрон — легкие; мезотроны — средние; нейтрон и протон — тяжелые), но и спином, а также своим статистическим поведением и т. д. При этом все «элементарные частицы» вообще нельзя рассматривать по образу атомов и молекул. В свою очередь природа фотонов резко отлична от природы других элементарных частиц. Последнее видно из того, что фотоны существуют лишь во время полета, когда они, двигаясь со скоростью света, обладают массой тем большей, чем короче длина световой волны. Между тем масса других частиц при приближении их скорости к скорости света беспредельно возрастает.

На этой схеме указано лишь одно направление превращений, например рождение электрона и позитрона из фотонной пары; обратное рождение фотонной пары из соединения электрона и позитрона происходит против направления стрелки. Несмотря на ее грубо приблизительный характер, схема эта отображает оба эволюционных процесса мира: один созидательный — от фотона к атомам, другой разрушительный — от атома к фотонам.

В схеме обозначены лишь важнейшие частицы; опущены, пример, промежуточные частицы — ионы и т. п. Существова нейтрино, а следовательно, и образование мезотронов, а та и нейтретто не установлено экспериментально.

6. ПРИЧИННОСТЬ, ПРОСТРАНСТВО, ВРЕМЯ И ЛОГИКА АТОМНОГО МИРА

Все, с чем мы здесь уже ознакомились, свидетельствует о что новые представления о внутриатомном мире имеют для ф софии, для дальнейшего развития научного мировоззрения меньшее значение, чем для самой физики. В еще большей м это относится к понятиям, принадлежащим и к физике и к лософии, как, например, понятие закономерности, понятие п странства и времени.

Общей чертой всей современной атомной физики являетс ясно выраженный статистический характер. Хотя физик в экс риментах имеет дело не только с большими совокупностями а мов, электронов и т. д., но может наблюдать и отдельные части (например в камере Вильсона), тем не менее его теории выводя из опытов над целыми совокупностями, насчитывающими деся триллионов частиц, содержащихся в нормальных условиях в ку ческом сантиметре газа. Законы физики являются статистическ законами — в них фигурируют не индивидуальные значения ве чин, а средние значения этих величин. Тем не менее эти зако относятся и к каждой отдельной частице, устанавливая ее веро ное поведение. Индивидуальные процессы рассматриваются зд исключительно только сквозь призму статистики.

Чтобы уяснить себе принципиальную разницу, существующ в этом отношении между классической и квантовой физик рассмотрим, как в том и в другом случае физика оценивает з чение эксперимента.

В классической физике в любом эксперименте участву 1) измерительный прибор, являющийся макроскопическим тело обладающий определенной чувствительностью, и 2) объект изме ния — тоже макроскопическое тело. Следовательно, оба опп и прибор и объект — равноправны. Всякое измерение состо не только в действии объекта на прибор, но и прибора на объек оно является взаимодействием между прибором и объектом. П этому всякое измерение нарушает естественный ход процесс происходящих в объекте. Однако от учета этого взаимодейст мы здесь отвлекаемся с полным правом потому, что это взаи действие значительно меньше чувствительности нашего пр бора.

Допуская, что по крайней мере принципиально измерительный прибор может быть сделан сколь угодно чувствительным, считая, что взаимодействие между прибором и объектом измерения может быть сколь угодно малым, мы приходим к выводу, что всегда можем пренебречь неточностью измерения.

Иначе обстоит дело в квантовой физике. Здесь в эксперименте участвуют: 1) измерительный прибор, попрежнему являющийся макроскопическим телом; 2) объект измерения— микроскопическое тело. Следовательно, прибор и объект неравноправны. Взаимодействие между прибором и объектом измерения не может быть сделано сколь угодно малым. Этому мешает характерный для микропроцессов атомизм действия, выраженный постоянной Планка h. Понятно, что усовершенствование измерительного прибора, увеличение его чувствительности не в состоянии устранить неточность измерения, поскольку последняя коренится в самой природе микрочастиц — в характере связи индивидуальных свойств со свойствами совокупностей этих частиц.

Необходимо, однако, со всей отчетливостью уяснить себе, что неточность, возникающая при измерении объектов микромира, относится не ко всем свойствам микрочастиц, а только к тем, которые связаны с постоянной Планка. Она не относится к собственной массе (к массе покоя) и к заряду частицы. Это обстоятельство имеет большое принципиальное значение, ибо оно свидетельствует о том, что в основе квантовых закономерностей лежат индивидуальные микропроцессы. Далее, неточность измерения микрообъектов возникает благодаря самой постановке эксперимента и тех неравноправных условий, в которые ставятся макроприбор и микрообъект. Наконец, эта неточность имеет место при экспериментировании не над отдельным микрообъектом, а над большим собранием микрообъектов, ибо только в этом случае выступает постоянная Планка, квант действия, и только тогда эта постоянная может быть измерена.

Изложенная здесь материалистическая точка зрения рассматривает квантовую теорию как теорию, исследующую статистические свойства совокупностей микрочастиц [1]. Но очень многие современные физики вовсе не придерживаются материалистической точки зрения, а разделяют точку зрения физического идеалиста Гейзенберга.

Гейзенберг, являющийся одним из основателей квантовой теории, понимает ее так, будто неточность, выявляющаяся в эксперименте, присуща отдельному микропроцессу, поведению каждой микрочастицы, взятой в отдельности. Это положение Гейзенберг сформулировал в 1927 г. в так называемом «принципе неопределенности», носящем его имя, примерно так: «При попытке

[1] См. также *В. К. Никольский*, Квантовые процессы, ГИТТИ, 1940.

одновременно измерить момент движения и положение част
уменьшение неточности в измерении одной из этих величин
личивает неточность другой, и обратно, причем величина пр
ведения этих неточностей не может быть сделана произво
малой, а определяется квантом действия». Но, чтобы иметь
можность именно так истолковывать свой принцип, Гейзен
вынужден относить его не к действительному измерению, а к «
ленному эксперименту» с отдельной микрочастицей. От
Гейзенберг и его сторонники и последователи приходят к выв
что микрочастицы не существуют независимо от наблюдат
в пространстве и во времени и что их поведение причинно не
словлено, т. е. они приходят к отрицанию материального м

Рис. 28. Различные типы статистического поведения частиц: а) классическая статистика Максвелла; б) статистика Бозе — Эйнштейна; в) статистика Ферми — Дирака

Итак, квантовая теория изучает поведение совокупно
микрочастиц методами статистики. При этом оказывается,
статистика микрочастиц коренным образом отличается от
тистики газовых молекул, созданной Максвеллом еще в 60-х
дах прошлого века.

Такая статистика исходит из подсчета возможных слу
Чтобы показать, в чем отличие между статистикой молек
квантовой статистикой, возьмем такой пример (см. рис.
В закрытом сосуде движутся всего две частицы. Будем для
стоты различать только три скорости: «медленную», «среднюю
«быструю». Не зная наперед ничего о частицах и их состоя
мы можем допустить различные распределения скоростей ме
частицами. Например, что первая и вторая частицы движ
медленно; или первая частица движется медленно, а вторая со с
ней скоростью; или первая движется медленно, а вторая бы
и т. д. Всего таким образом, в этом простом случае у нас б

ставить возможностей. Теперь мы сможем ответить и на вопрос, какое распределение скоростей является наиболее вероятным. В данном примере это, очевидно, такое распределение, при котором скорости частиц разные, ибо таких случаев будет шесть из девяти, между тем как, скажем, случай, когда обе частицы движутся одинаково быстро, менее вероятен, потому что таких случаев будет три из девяти.

Однако только что приведенный метод подсчета пригоден лишь для молекул. Когда же мы имеем дело с элементарными частицами, например с электронами, мы не в состоянии различить их индивидуально: «Нельзя выкрасить один электрон в красный цвет, а другой — в зеленый», — говорит Эйнштейн. В самой природе электронов заложено то, что нельзя, например, указать, какие частицы обладают данной скоростью, а можно лишь определить, сколько окажется таких частиц. В нашем примере подсчет будет теперь выглядеть так: первый случай — обе частицы движутся медленно; второй случай — обе частицы движутся со средней скоростью; третий случай—обе частицы движутся быстро; четвертый — одна частица движется медленно, другая со средней скоростью; пятый — одна медленно, другая быстро; шестой — одна со средней скоростью, другая быстро. Ясно, что теперь случай, когда обе частицы движутся с разными скоростями, окажется менее вероятным, чем в примере с молекулами, ибо для него мы имеем теперь лишь три шанса из шести.

Этим, однако, не исчерпываются особенности атомной статистики. Приведенный только что метод подсчета — статистика, открытая Бозе и Эйнштейном, — пригоден для фотонов и электронов в металлах. Но системы, состоящие из электронов, а также протоны и некоторые атомные ядра подчиняются другой статистике, открытой Ферми и Дираком. От статистики Максвелла она отличается тем же, чем и статистика Бозе — Эйнштейна. Кроме того, ее особенность состоит еще в том, что здесь в одном и том же энергетическом состоянии может находиться одновременно не более одной частицы. Так, например, по одной и той же квантовой орбите в атоме могут вращаться самое большее два электрона, да и то лишь если они имеют противоположные спины. Это положение было сформулировано в 1920 г. Паули и носит его имя.

Атомные ядра, состоящие из нечетного числа протонов и нейтронов, подчиняются статистике Ферми — Дирака, а ядра, состоящие из четного числа частиц, — статистике Бозе — Эйнштейна. Это наличие двух видов статистики, разбивка частиц и систем частиц на два вида по отношению к их статистическому поведению, находит себе объяснение в том, что эти частицы ведут себя по-разному в отношении своих спинов. В самом деле, экспери-

ментально установлено, что атомные ядра с четным числом частиц, подчиняющиеся статистике Бозе — Эйнштейна, облад симметрическими свойствами спинов; ядра с нечетным чис частиц согласно статистике Ферми — Дирака, обладают а симметрическими свойствами спинов. Эта закономерность хор согласуется с гипотезой о строении ядра из нейтронов и пр нов и явилась одним из главных аргументов против преж теперь отброшенной гипотезы строения ядра из протонов и э тронов. Еще раз следует обратить внимание на то, что разли в статистиках вовсе не зависит от субъективного момента, а д самими физическими объектами — совокупностями различ микрочастиц.

Статистические черты квантовой теории не мешают тому, с ее помощью можно дать вполне определенный ответ на воп об уровнях энергии электронов в атоме, — ответ, относящи не только к совокупности частиц, но и к частице, взятой в дельности. Следовательно, квантовая теория не является сквозь статистической. Вместе с тем причинность приобре теперь новый характер, она оказывается причинностью бо высокого типа, чем механическая причинность классическ физики, которую она включает в себя в виде частного случ Если дана величина A, обладающая погрешностью ΔA, то нее с необходимостью однозначно следует величина B, обла ющая погрешностью ΔB, — так теперь формулируются зако физики. Ибо вследствие «соотношения неточностей» началь условия системы не могут быть заданы точно; можно указ лишь вероятность ее состояния. Таким образом, детермин не исключает объективной случайности, как это имеет мест классической физике, а охватывает ее.

Наконец, нам необходимо разобраться в том, какие изме ния вносит внутриядерный мир в пространственно-времен представления физики.

Как нами уже указывалось, теория относительности зас вила физиков отказаться от мысли, будто эвклидова геомет является единственно возможной, абсолютно правильно отража щей все свойства действительного материального мира. Ока лось, что эта геометрия, которая учит, что сумма углов в т угольнике равна двум прямым углам, что из точки к прям можно провести одну и только одну параллельную прямую и т. сама зависит от физических свойств материи, являясь учени о наиболее простых движениях идеализированных «абсолютн твердых тел». Оказалось, что пространственные свойства, кот рые отражает геометрия, зависят от распределения массы: вд ли от скоплений больших масс с большой степенью прибл жения можно пользоваться эвклидовой геометрией, а вбли

льших масс ее нужно заменить другой, более сложной геометрией, геометрией Римана. Оказалось также, что раздельное ссмотрение пространства и времени, как это имело место в зике, пригодно только для скоростей, небольших по сравнению со скоростью света. Для больших скоростей пространство время приходится рассматривать в их неразрывном единстве, ичем ход изменения времени опять-таки находится в зависисти от распределения вещества. Необходимо еще раз отметить, наиболее важные выводы теории относительности оправдались в атомной физике — возрастание массы со скоростью, вивалентность массы и энергии и неразрывная связь вещества поля.

Изменения в пространственных и временных представлениях, оисходящие при переходе от макромира к атомным явлениям, менее значительны. Геометрия, безразлично эвклидова или манова, имеет дело с точками, с расстояниями между точками, т. д. В действительности же мы имеем дело не с точками обладающими никакими размерами, а с телами, хотя бы и айне малых размеров. Геометрическая точка — это лишь стракция, она получается путем отвлечения от размеров к предел процесса делимости материи. Но имеем ли мы праго ать это отвлечение, перейти к этому пределу, не вносим ли такой геометрией в физику нечто чужеродное, не может ли привести нас к противоречиям?

Действительно, такие противоречия появляются, как только таются применить квантовую механику к вопросу о оении элементарных частиц. Оказывается, что точечному ектрону приходится тогда приписывать бесконечную энергию. ичина состоит в том, что электрон рассматривается в современной физике как точечный заряд, между тем как на самом деле ектромагнитные волны исходят не из одной точки, а из какого- определенного, хотя и крайне малого объема. При точечном ектроне получается возможность образования электромагнитх волн произвольно малой длины, а значит, и сколь угодно льшой частоты, которые могли бы вызываться лишь бесконечбольшой энергией. Таким образом видно, что мы вынуждены азаться от допущений существования точечного электрона и н произвольно малой длины. Геометрия, построенная на этих жних допущениях, должна теперь считаться лишь приблинием. Это приближение теряет свое значение, как только мы еходим к объемам, обладающим радиусом порядка «радиуса» ектрона, т. е. примерно одной десятибиллионной долей сантира. Или, что то же самое, как только переходим к энергиям, льшим чем 400 миллионов электрон-вольт (чему соответствует мпература в 10 биллионов градусов). Мы не можем, не впадая

в противоречия, пользоваться понятиями «протяженност «точки», «расстояния» и т. д. в том виде, как мы их примен в макромире.

Чем же мы должны будем заменить теперь нашу геометр Очевидно, раз мы не в состоянии измерять расстояния «от то к точке», — поскольку физически нет точек, а есть «элемен ные частицы», — то всякое отдельно произведенное измере будет заключать в себе известную неточность. На деле, однако, будем производить не отдельное измерение, а целую серию мерений, в результате чего получим для расстояния некото среднее значение, и вся геометрия приобретает таким путем с тистический характер. Далее, вследствие установленной теор относительности неразрывной связи между временем и простр ством, статистический характер приобретут и все измерения п межутков времени. Построенная на этих понятиях физика, частности теория электромагнитного поля, в пределе будет реходить в прежнюю физику макромира.

Взаимоотношения между этой новой геометрией микроми над созданием которой в самое последнее время работает р теоретиков, в особенности Марх, а у нас в СССР Марков, и метрией макромира можно в известном смысле сравнить с вз моотношениями между способами изучения тепловых явлен одним, который дается термодинамикой, и другим, котор дается кинетической теорией. Термодинамика не рассматри происходящих в действительности процессов—движения молек вызывающих изменение теплового состояния тела. Она ограни вается рассмотрением количества тепла, температуры и т. п., и чением непосредственно измеряемых величин и взаимоотноше между ними с помощью математических уравнений. Такие урав ния дают значения искомых величин с какой угодно степе точности, поскольку допускается, что исходные данные мо быть установлены, по крайней мере в принципе, абсолютно т но. Кинетическая теория рассматривает движения молекул, которых состоит тело, их скорости, пробеги и т. д., и в этих д жениях она видит причины тепловых явлений. При этом изучает не движение каждой молекулы, а пользуясь статис кой,— движение целой совокупности громадного количества лекул. Ее метод дает средние величины, вероятности иско величин с той или иной степенью погрешности.

Но параллель между отношением термодинамики к кине ческой теории и между отношением макрогеометрии (и мак физики) к микрогеометрии (и микрофизике) вовсе не может б проведена безоговорочно до конца.

Когда речь идет о молекулах, то считается общепризнанн что движения каждой отдельно взятой молекулы подчиняю

тем самым законам, что и движения больших тел. Следовательно, изучению этих движений при помощи уравнений, применяющихся к изучению движения в макромире, мешает лишь громадное количество взаимодействующих молекул. Таким образом, изучение движения каждой отдельной молекулы считается принципиально достижимым средствами обыкновенной механики.

Совершенно иначе обстоит дело в атомном мире. Электрон — даже взятый сам по себе, а не только в количестве, насчитывающем целые триллионы частиц, — не движется по законам механики, применимой к обыкновенным телам. Более того, электрон, а также и другие «элементарные частицы», вовсе не является «телом» в том смысле, как, например, Земля или ружейная пуля. Ведь обыкновенное тело рассматривается в механике как имеющее вполне определенную поверхность, размер, занимающее вполне определенное место в пространстве. Механика отвлекается от того, что само тело состоит из движущихся частиц и что поэтому никогда границы его поверхности не являются неизменными и вполне точными, так же как и от многих других обстоятельств. Но, как уже указывалось выше, электроны, а также и любые другие микрочастицы ведут себя совершенно иначе, чем макротела. Сохраняя свою локализованность и атомистичность, микрочастицы в то же время ведут себя в определенном отношении так, как если бы они были непрерывными волнами, в принципе распространяющимися на все бесконечное пространство.

В применении к микрочастицам не может быть и речи о сведении закономерностей целого к сумме таких же закономерностей его частей. Переход от макромира к микромиру и переход от мира атома ко внутриядерному миру — это не просто изменение масштабов, это вместе с тем — качественный скачок из мира одних закономерностей в мир других, отличных в корне, закономерностей. Как мы уже видели, электрон не является частицей в том смысле, как, скажем, пылинка, — его движения отличаются от движений макротел. Поэтому неудивительно, что, приписывая ему неприсущие ему свойства, рассматривая его как обыкновенную частицу или как точку, мы потом не в состоянии отыскать его в пространстве, изучить его движение во времени, найти причины его движения, а это дает некоторым физикам повод попросту отрицать за электроном существование в пространстве, во времени, отрицать его причинную обусловленность.

То же самое относится и к волнам де Бройля, которые, как мы уже знаем, характеризуют поток микрочастиц и обладают в корне отличной от электромагнитных и гравитационных

волн природой. На деле поток микрочастиц и волны пре ставляют лишь два момента одного и того же. Материя име зернистую структуру, состоит из частиц, она прерывна. в то же время поток этих частиц обладает свойством вол свойством непрерывности. И опять-таки невозможность св сти закономерности этих волн к закономерностям хорошо из ченных нами процессов дает многим физикам повод отрицат за этими волнами физическую реальность, объявлять их лиш «математическими фикциями». Вместе с тем, неправильно пр писывая отдельной микрочастице волновые свойства (свойств которые на деле присущи лишь потокам частиц), многие совр менные физики говорят о «дуализме волн и частиц». Диалект ческое противоречие подменяется здесь метафизическим сос ществованием двух начал и, как правило, сочетается с перех дом на позиции физического идеализма.

Напрашивается вопрос: если уже переход во внутриатомны мир вызывает коренную ломку в наших представлениях о пр странстве и времени, то не потребуется ли в применении к мир атомного ядра пересмотра еще более общих и коренных наш представлений и понятий? Не придется ли нам, подобно то как это намечено в отношении геометрии, пересмотреть осно ные понятия арифметики в применении к миру атомного ядр Мы не знаем пока ответа на этот вопрос, но уже то обстоятел ство, что такой вопрос ставится, говорит о глубине пере рота во взглядах, вызванного атомной физикой.

Аналогично обстоит дело и с логикой, с правилами мышлени Привычный для нас способ образования понятий, суждений умозаключений—все это ведь не «чистый» продукт человеческо разума, а сокращенные и крайне упрощенные снимки массовы ных процессов, происходящих в материальном мире, снимки, кот рые возникают в нашем сознании благодаря тому, что этот мир во действует на наши чувства. Именно поэтому простейшие логи ческие понятия и элементарные приемы мышления отража прежде всего механические процессы. Исторически логика ка наука не случайно развилась сначала одновременно с развити механики. Ее законы благодаря метафизическому мышлени были неправомерно провозглашены неизменными и универсал ными законами, выражены в якобы вечных и везде пригодны формулах, а затем стали выдаваться идеализмом за невытека щие из действительности априорные принципы. Не случайн что в систематическом виде диалектическая логика возникла лиш тогда, когда человечество приступило к глубокому изучени таких высоких форм движения, как биологические процессы и что она стала подлинной наукой лишь вместе с создани социальных наук.

Понятно поэтому, что пригодные в общем и целом для механики (но с соответствующими оговорками об их относительном характере и границах) приемы нашего обыкновенного логического мышления становятся мало подходящими в применении к явлениям микромира. Никто не станет, например, оспаривать, что следующие два умозаключения ничем не отличаются друг от друга и приводят к одному и тому же результату. Первое: этот стол имеет форму квадрата, этот стол сделан из дерева, значит это квадратный деревянный стол. Второе: этот стол сделан из дерева, этот стол имеет форму квадрата, значит это квадратный деревянный стол. Это верно, ибо речь идет о столе, о макрообъекте. Но в микромире дело обстоит иначе. Ведь суждения — стол имеет форму квадрата, стол сделан из дерева — являются результатом произведенных измерений, исследований. Такие исследования вносят какие-либо изменения в природу самого измеряемого объекта (в нашем, нарочно огрубленном, примере — в природу стола), но вносят их не в одинаковой степени. Если я сначала установлю квадратную форму стола, то от этого измерения не изменится его химический состав. Между тем исследование химического состава стола так или иначе связано с разрушением его точной формы. Не лишним будет отметить, что, однако, и в том и в другом случае стол остается вполне объективно существующим. Невозможность измерить или умозаключить при данной постановке вопроса о том или другом его свойстве не лишает стол (вопреки утверждениям махистов) его материальности. Таким образом, в применении к процессам измерения микроявлений недопустимо в умозаключениях перемещать отдельные положения; результат зависит от их следования. Это связано с тем, что здесь невозможно абстрагироваться от непрестанных изменений, происходящих в объектах, нельзя опираться на закон формального тождества, между тем как в макромире — для механики, физики, — такая абстракция не только допустима, но и необходима.

Коренной пересмотр важнейших понятий физики, потребовавшийся при переходе от макромира к атомному миру, вовсе не означает, будто атомная физика, руководствующаяся квантовой теорией, строится на шатких основаниях. Ничего подобного. Своим громадным успехом современная атомная физика обязана как блестящим экспериментальным достижениям, так не в меньшей мере и своим теоретическим завоеваниям. Эксперимент и теория, как это имело место на протяжении всего исторического развития физики, взаимно оплодотворяют друг друга. Недооценка одной и переоценка другой из этих двух неразрывно связанных сторон неизбежно уводят исследователя в сторону от столбовой дороги науки: в болото эмпиризма

или в идеалистическое парение математического формализма. Между тем квантовая теория, очищенная от идеалистически истолкований и проникших в нее извращений, дает для процессов охватывающих большие совокупности микрочастиц, закономерности, которые правильно, в соответствии с действительностью отражают атомный мир. Ее законы, проверенные эксперимен тально, проверенные производственной практикой, не мене прочны и достоверны, чем законы классической физики, ибо те и другие верны для определенного круга явлений. И, ка мы уже видели, предсказания, полученные на основании кванто вой теории, неоднократно оправдывались, независимо от того какое толкование — иногда весьма превратное — придавал отдельные физики философским основам этой теории.

7. ФИЛОСОФСКИЕ ОБОБЩЕНИЯ

Наше изложение процессов и закономерностей внутриатомно го мира покажется, возможно, кое-кому излишне пространным, излишне подробным. В самом деле, мы имеем в виду особую указанную в заглавии цель — изложение выводов, вытекаю щих из физики атомного ядра для мировоззрения диалектиче ского материализма. Так вот, не достаточно ли было бы ограни читься лишь общим, суммарным ознакомлением с внутриатом ной физикой, не вдаваясь в частности в такие детали, как физи ческая аппаратура или как вопросы практического применения ядерной физики?

Однако подобные взгляды надо отвергнуть самым категори ческим образом. К сожалению, в нашей советской философ ской литературе и по сей день бывают случаи, когда тот ил другой автор глубокомысленно «философствует» по поводу от дельных естественно-научных положений, которых он попросту не знает, не понимает. К сожалению, еще не все наши философы усвоили азбучное требование, гласящее, что непременной пред посылкой философских обобщений является знание и понима ние фактов, из которых эти обобщения должны следовать[1]. Разумеется, что если это требование верно по отношению к хоро

---

[1] Для желающих более подробно ознакомиться с атомной и ядерной физикой укажем следующие книги:

В. Брэгг, Мир света, 1935, 238 стр.; *А. Вальтер*, Физика атомного ядра, 1935, 295 стр.; *В. Гейзенберг, Э. Шредингер, П. А. М. Дирак*, Современная квантовая механика, 1934, 75 стр.; *Р. В. Гэрки*, Введение в квантовую механику, 1935, 188 стр.; *Дж. Дарвин*, Современное представление о материи, 1937, 166 стр.; *А. Иоффе*, Атомное ядро сегодня, 1934, 87 стр.; *Ф. Разетти*, Основы ядерной физики, 1940, 240 стр.

изученным вопросам, например к элементарной физике, химии, астрономии и т. д., то оно вдвое, втрое справедливее по отношению к столь трудной и во многом еще не освоенной и спорной области, как физика атомного ядра: здесь, в этой области, где все является необычным, резко отличающимся от привычной нам картины макромира, особенно опасно ограничиваться лишь знакомством в «общем и целом», ибо сила привычки соблазняет на скороспелые, необоснованные аналогии, на попытки рассматривать микромир лишь как некое «уменьшенное издание» макромира, забывать коренные различия в закономерностях микромира по сравнению с макромиром.

Возможно, детальное ознакомление со всей сложностью явлений микромира требуется еще и потому, что именно на этой сложности спекулируют те реакционные философы и физики, которые делают отсюда идеалистические и агностические выводы. В действительности же весь внутриатомный мир со всеми его «диковинными» закономерностями не только является грандиозным подтверждением диалектического материализма, не только не может быть понят без марксистской теории познания, но дает и мощный толчок для дальнейшего развития философии марксизма-ленинизма.

И кажущееся с первого взгляда излишним описание новейших физических приборов и изложение вопросов практического применения ядерной физики далеко не являются потому чем-то второстепенным. В конечном счете источником ядерной физики является эксперимент, изменение материального мира, изменение процессов, происходящих в материальном мире, т. е. нечто, объективно происходящее, а не просто теоретические построения, формулы и т. п. Конечной целью ядерной физики опять-таки являются практические достижения изменения окружающего нас мира, а не только смена одной концепции другой концепцией. Отсюда следует, что теория и практика неразрывно связаны друг с другом, что подлинно научная теория не может пренебрегать экспериментальной наукой, что философия диалектического материализма как подлинно научная философия не навязывается природе, а выводится из нее, и ее целью является не только познание мира, но и его перестройка, его подчинение плановой деятельности человека.

Каковы же те подтверждения основных положений диалектического материализма, которые вытекают из ядерной физики? Разбирая отдельные замечательные факты, мы в своем месте не могли оставить в стороне и отдельные напрашивающиеся философские выводы, а поэтому здесь нам остается лишь систематизировать их. Мы убеждаемся в том, что физика атома и атомного ядра целиком подтверждает справедливость, верность,

непоколебимость мировоззрения диалектического материали
ма как единственно возможного научного мировоззрения, ка
вывода из всей человеческой практики, из всего человеческ
го знания, из познания природы и общества, из всей челове
ской истории. Мы убеждаемся в том, что результаты новейше
физики полностью подтверждают именно ту формулировк
главных черт диалектического материализма, которая да
товарищем Сталиным и составляет для данного времени наивы
шую ступень развития нашего мировоззрения, являясь гениал
ным обобщением всего важного и существенного из того, ч
дало развитие человечества за целый исторический перио
прошедший с начала нашего столетия, со времени написан
Лениным «Материализма и эмпириокритицизма» и «Философск
тетрадей».

Закон единства явлений природы находит новое, блестяще
подтверждение во внутриатомном мире. Он подтверждается
прежде всего тем, что здесь, так же как и в макромире, бе
оговорочно действует закон превращения и сохранения эне
гии. Он оправдывается в новой, данной теорией относительно
сти формулировке, включающей и сохранение массы. Вмест
с так называемым «принципом эквивалентности», устанавли
вающим неразрывную связь между массой и энергией, вмест
с законом сохранения электрического заряда этот закон свиде
тельствует о том, что единство мира состоит в его материаль
ности, что в мире, в том числе и во внутриатомном мире, не
ничего, кроме единой движущейся материи.

Далее, подтверждением единства мира и всех процессов, про
исходящих в нем, является сам атом. Раньше атомы рассмат
ривались как изолированные, независимые, оторванные друг о
друга. Теперь доказано обратное, что атомы всех столь различ
ных по своим свойствам химических элементов, образующи
бесконечно богатое разнообразие вещества мира, родственны
между собой, образуют единое целое. Все они состоят из одни
и тех же частиц, подчиняющихся одним и тем же законам, по
строены по одному и тому же принципу, вследствие чего одни
атомы способны превращаться в другие атомы. Это единств
простирается еще глубже: сами частицы, из которых строятся
атомы, сколь бы они ни были различны по своим свойствам,
являются как бы разновидностями одной и той же частицы.

Все эти величайшие открытия, колоссально расширивши
наши горизонты (ведь лишь благодаря этому единству стало
возможным управлять атомными процессами), могли появить
ся только потому, что физическая наука, подчас помимо и вопр
ки желаниям самих физиков, стала пользоваться диалектическим
методом, перестала рассматривать атомы в отрыве друг от друга

Она смогла понять атомный мир лишь потому, что рассматривает атомы и вообще частицы материи в неразрывной органической связи друг с другом.

Новое поразительное подтверждение находит во внутриатомном мире и закон непрерывного развития природы. Раньше атомы химических элементов рассматривались как неизменные, постоянные, вечные. Теперь же доказано, что каждый атом представляет собой лишь форму относительно устойчивой связи, лишь момент относительного покоя в бесконечном процессе изменения вещества: это процесс непрерывного возникновения, развития, усложнения одних атомов и в то же время процесс непрерывного разрушения, отживания, распадения других атомов, процесс, охватывающий всю бесконечную вселенную. Об этом наглядно свидетельствует явление радиоактивности. В настоящее время доказано, что и сами атомные частицы — электроны, составляющие атомные оболочки, а также протоны и нейтроны, составляющие атомные ядра, — не являются чем-то застывшим, неподвижным, а взаимно превращаются, изменяются, переходят из одного вида материи в другой.

Этим невиданным успехам физика обязана тому, что естествоиспытатели стали рассматривать атомы и частицы материи вообще с точки зрения их изменения и развития, их возникновения и отмирания.

Столь же замечательное подтверждение получил в ядерной физике и закон скачкообразных переходов к новым качествам, закон скачков, совершающихся в природе. Прежде атомы рассматривались как абсолютно различные качественные сущности. Хотя химия и была наукой о превращении количества в качество, но это долгое время относилось, собственно говоря, лишь к химическим соединениям и лишь позднее—к свойствам, зависящим от электронной оболочки атомов. Между тем теперь установлено, что закон скачкообразного перехода количества в качество является общим законом, управляющим всей структурой атомов, законом, относящимся не только к оболочке, но и к атомному ядру. Это величайшее завоевание физики, открывающее перед человечеством сказочные энергетические перспективы, стало возможным лишь потому, что физики, большей частью бессознательно, применяли диалектический метод познания, рассматривая процесс развития микромира как переход от одного качественного состояния материи к другому качественному состоянию.

Накопец, столь же блестяще подтвердился в атомном мире закон борьбы внутренних противоречий, присущих всем предметам природы, составляющий суть, ядро диалектики. Атомы — как об этом говорит самое название — первоначально представ-

ляли как неделимые, дальше неразложимые, абсолютно устойчивые и непроницаемые предельные частицы, из которых строится вещество. Между тем оказалось, что атомы не только делимы и состоят из более мелких «элементарных частиц» и что эти последние являются устойчивыми, но что они вместе с тем взаимно превратимы, что в каждой мельчайшей частице вещества борются две стороны: одна — консервативная, сохраняющая, придающая ей относительную устойчивость, другая — революционизирующая, приводящая к ее превращению.

С другой стороны, раньше представляли себе пространство заполненным абсолютно непрерывной, бесструктурной, абсолютно делимой и проницаемой средой, эфиром, с которым частицы вещества совершенно не связаны, не взаимодействуют с ним.

На деле же оказалось, что две известные нам разновидности, в которых существует материя, — вещество и поле — не оторваны метафизически одна от другой. Они представляют собой раздвоение единого, противоречивые части материального единства, и их самодвижение, спонтанное развитие, переходы, переливы, взаимная связь — это и есть мировой процесс. Вещество, корпускулы, зернистая материя, поле и излучение неразрывно взаимно связаны, неотделимы, переходят друг в друга так, что не может быть указана точная граница между ними. Там, где встречаются частицы вещества, большие количества энергии сосредоточены в малых объемах; там, где имеется поле, энергия рассеяна. Имея прерывную структуру, вещество обладает зато возможностью принимать непрерывные значения скоростей, между тем как для непрерывного поля можно говорить лишь о крайних скоростях: об относительном покое или о скорости света.

Таким образом, для дискретных, отграниченных в пространстве и движущихся с разнообразными скоростями частиц наиболее характерным является длительность, их существование во времени, а вместе с тем и их число. Все их характеристики определяются достоверно: на вопрос, обнаруживается ли где-либо частица, мы получим определенный ответ — или да, или нет. А для непрерывного, расплывчатого, обладающего лишь предельными движениями поля характерна его протяженность, его распространение в пространстве, а вместе с тем и его геометрия. Все характеристики поля определяются вероятностно: на вопросы, касающиеся поля, ответы могут получиться со всеми возможными степенями достоверности. Однако эти полярные противоположности лишь в абстракции существуют разрозненно: в действительности они связаны, условны, взаимно превращаемы.

Наконец, единство противоположностей составляет и неэлектрическая материя с ее гравитационным полем и материя элек-

ически активная с полем электромагнитным, причем в поеднем в свою очередь вновь и вновь проявляется закон здвоения единого на полярность положительного и отриательного электричества и на полярность положительного и рицательного магнетизма.

Явления атомного мира подтверждают, что развитие через рьбу противоположностей происходит не по прямой линии, а по ирали. Каждая высшая стадия развития повторяет некоторые рты низшей стадии и, являясь отрицанием отрицания, как бы звращается к старому, однако на новой, высшей ступени. В сам деле, при переходе от мира «элементарных частиц» к миру омного ядра и далее к миру атома, затем при переходе от атомго мира к макромиру всякий раз происходит при изменеи количественных масштабов не только скачок к новым, качественно отличным формам материального движения. При этом оисходит еще и такая смена основания, характеризующего нную форму, новым основанием, что на следующей ступени звития вновь появляется старое основание, однако обогащене новым содержанием. Для макромира с его механикой харакрно—если учитывать, как этого требует теория относительни, не только малые, но и большие скорости — то, что мир ссматривается исключительно с точки зрения его непрерывни, с точки зрения полей, и что частицы, движения которых учаются, входят сюда как нечто чужеродное. Неизменной, пооянной является скорость распространения электромагнитх волн. Для атомного мира с его квантовой физикой хактерно то, что мир рассматривается с точки зрения его прервности, с точки зрения частиц, что изучаемые поля, волны оявляются здесь словно искусственно. Неизменной, постояной является квант, атом действия.

Однако, хотя в теории относительности, изучающей макмир, взаимодействие частиц, а тем более их свойства не вхот в основы теории, все же оно приводит в результате к тому, о именно частицы, тяготеющие массы определяют все простанственно-временное строение мира, его геометрию. И хотя в антовой физике частицы являются исходными, все-таки их руктура, сама природа тяготения, электрические заряды и бственные массы остаются вне поля зрения теории.

Надо полагать, что когда наука разгадает внутриядерный р и подойдет ближе к проблеме самих «элементарных частиц», природа тяготения, массы и электрического заряда окажетвновь связанной с квантовыми явлениями, как это предпоожительно было высказано Эйнштейном, указавшим даже порямалости соответствующих масштабов; в то время как переход атомного мира к ядерному связан с уменьшением масштабов

в сто тысяч раз, переход от последнего к внутреннему ми[ру] частиц, так сказать, к ячейкам тяготения, должен быть связан уменьшением масштабов в... квинтиллионы раз!

И опять-таки все эти великие открытия стали возможны лишь тогда, когда физики, каковы бы ни были их субъекти ные философские высказывания и чаще всего вопреки им, объ тивно стали пользоваться диалектическим методом познан стали на путь раскрытия внутренних противоречий, свойстве ных любому объекту как макро-, так и микромира.

Почти излишне отмечать, что вся совокупность открытий яде ной физики служит новым подтверждением марксистско философского материализма, всех его основных черт.

Наблюдая в камере Вильсона следы пролетающих альфа бета-частиц, фотографируя молекулы органических соеди ний с помощью дающего увеличение в сто тысяч раз электро ного микроскопа, сосчитывая частицы, образующие ливни косм ческого излучения, разбивая с помощью циклотрона атомное я ро, — разве может физик всерьез усомниться в том, что эти явления — движущаяся материя, подчиняющаяся сво собственным закономерностям? Разве мог бы он работать своей лаборатории, если бы действительно руководствова идеалистическим утверждением, что атомы, электроны, при ры вместе с их закономерностями являются лишь порождени его собственного сознания, либо воплощением «мирового духа

Стихийный материализм, практическая уверенность в мат риальности мира, является непременным условием, без которо человек не в состоянии нормально выполнять даже просте шие отправления своей повседневной жизни, не в состоянии в буквальном смысле — положить кусок хлеба в рот. Труд поэтому не согласиться с тем, что лишь сумасшедший стал заниматься тончайшими измерениями, сложнейшими вычис ниями, не имея твердой уверенности, что вещи, к которым измерения и вычисления относятся, не могут ни по его жел нию, ни по божьему мановению появиться или исчезнуть, существуют и развиваются объективно, по своим внутрен законам, во взаимной связи и обусловленности.

Возможно ли сомневаться в том, что материя первична, что о является источником ощущений, представлений, сознания, по того как выяснилось, что внутриатомный мир, составляющий деле основу всего вещества, стал доступен нашему познан лишь постепенно на протяжении последних трех-четырех деся ков лет, между тем как на протяжении сотен тысяч лет челов чество не имело ни малейшего представления о его существов нии. Не только история развития физики, но даже сама истор развития физического идеализма шаг за шагом опровергала ид

стический взгляд, будто материальный мир существует лишь в шем сознании. Идеалисты, утверждавшие прежде, подобно Оствальду, что молекулы и атомы являются лишь «рабочей гипотезой», одуктом нашего мышления, были вынуждены признать их ъективное существование и запрятать свои идеалистические мышления поглубже, перенести их на внутриатомные явления, маскировать их крайне тонкими рассуждениями. Успехи ретической мысли в области ядерной физики, какими бы сверхъественными они ни казались, с какими бы высокими абстракциями они ни оперировали, лишь вновь подтвердили вещественное происхождение мышления, ибо они стали возможными лько благодаря приборам, материалам, энергетическим источникам — всему тому вполне вещественному, что создано производством, техникой.

Мы не только научились в массовом производстве искусственно приготовлять химические соединения, имеющиеся в естественном виде в живых организмах, а также создавать десятки сяч соединений, которые в природе нам не встречаются, но превращаем одни атомы в другие и создаем даже сотни новых зновидностей химических элементов — радиоактивных изотопов, пока неизвестных в естественном состоянии в нашей части еленной. Какие же могут быть после этого еще разговоры о непознаваемости мира, о непознаваемых «вещах в себе»! Оспаривать возможность познания закономерностей мира, не признать объективной истины, настаивать на «принципиальной ненаюдаемости», на непознаваемости объектов микромира могут шь люди, намеренно закрывающие глаза и уши, не желаюие признать, что правильность микрофизики проверена тем, о мы сами, руководствуясь нашими понятиями о них, по оему желанию вызываем внутриатомные явления и к тому же ставляем их служить нашим целям в радиотехнике, телемеханике, металлургии, химии, медицине и т. д.

Вряд ли можно переоценить поистине гигантское значение ого полного подтверждения основных черт марксистского диаектического метода, марксистского философского материализа, которое дано ядерной физикой. Надо все время иметь в виду, о внутриатомный мир представляет собой нечто совершенно отличное от макромира, нечто, обладающее другими, личными от обыкновенных, закономерностями. Здесь самые новные наши понятия, как пространство, время, движение, стица, причинность и даже число, даже наши привычные приы логического мышления, отказываются служить в том виде, к они применялись нами доныне ко всему остальному известому нам миру. И несмотря на это, микромир целиком подтверил законы материалистической диалектики, сформулированные

основоположниками марксизма на основании опыта одн только макромира еще задолго до того, как были открыты кат ные лучи, лучи Рентгена и радий — эти первые посланники в триатомных процессов.

Законы марксистской диалектики явились законами, прав но отображающими закономерности материального мира, ражающими объективную истину; они оказались всеобщими копами всей бесконечной природы, охватывающими ее во ее частях. Никогда еще в истории естествознания научное пр видение не праздновало такого триумфа. Гениальное мировоз ние Маркса и Энгельса, давшее в области общественных па предвидение социалистической революции, диктатуры про тариата и коммунистического общества, открыло всеобщие копы движения, полностью подтвердившиеся и во внутриат ном мире.

Все великие подвиги научного предвидения — предвиде греками в общей форме идеи развития, предвидение на осн ньютоновской механики движения планет и звезд, пред дение Менделеевым на основе открытого им периодическ закона существования и свойств тогда еще не открытых мических элементов — все это блестящее подтверждение за нов материалистической диалектики, подтвержденных тепе в совершенно новом, казалось бы, чуждом для нас, мик космосе.

Однако, как уже сказано, ядерная физика не только подтв ждает незыблемость и всеобщность законов материалистическ диалектики. Она вместе с тем оказывает влияние и на да нейшее развитие философии марксизма. Новые, составляющ эпоху открытия внутриатомного мира категорически требу чтобы диалектический материализм, оставляя неизменной св суть, изменил свою форму, чтобы отдельные натурфилософск положения, сформулированные в свое время Энгельсом в «Ди лектике природы», были пересмотрены. Хотя эта необходимос постепенно и не без некоторого опоздания признается наш философами, все же надо сказать, что дальше этого призна мы не пошли. Между тем для диалектического материалис действительно изучившего факты ядерной физики и не пр почитающего в страхе, «как бы чего не вышло», топтаться месте под защитой цитат, основные философские выводы нап шиваются сами собой.

В самом деле, в чем состоит то новое, что дает внутриатом физика с ее разрушимостью атомов и всех микрочастиц с неисчерпаемостью и изменчивостью, с физическими законами и нятиями, коренным образом отличными от механики и элект динамики макромира? Вкратце оно может быть сформулирова

ак: это новая форма материального движения, причем такая, оторая не только не может быть сведена к обыкновенной механике (ведь и электромагнитные явления также не сводятся к механическим), но которая, наоборот, сама служит в определенной ере основой механических закономерностей.

В начале XX века, когда только еще начиналась ломка основых принципов классической физики, когда физики переживали ериод сомнений», Ленин, писавший «Материализм и эмпиокритицизм», в общих чертах предвидел современное направление развития физики. Теперь же, когда после гениального енинского прогноза прошло ровно треть века бурного развития овой внутриатомной физики, выдвинутое Лениным как необхоимое требование марксизма, требование дальнейшего развития конкретизации диалектического материализма, не может ольше оставаться невыполненным.

Как известно, Энгельс дал нам классификацию связанных ежду собой и переходящих друг в друга форм материального вижения. Эта иерархия, лестница различных форм движения атерии, начинается от движения механического, как от первой аипростейшей формы движения, переходит к физическому епловому и электромагнитному) движению, отсюда к движению имическому, затем к биологическому, причем каждая из ысших форм движения хотя и включает в себя более низкие ормы, однако не сводится к ним.

Но физика микромира должна расширить эту иерархию, богатить ее новым содержанием.

Если еще в первое десятилетие нашего века выяснилось, что руг, где имеют место механические законы, ограничен опредеенными пределами для средних скоростей тел, если казалось, о общими законами физики должны стать законы электромагнетизма, то в дальнейшем физика пришла к значительно боее революционным заключениям. Не только законы обыкновенй механики, но и законы классического электромагнетизма казались ограниченными определенными рамками; оказалось, о они не верны не только для весьма больших скоростей, не верны также и для крайне малых масс.

Наконец, приходится признать, что обыкновенное механиское движение, движение макротел, является не первой формой вижения; оно более сложно, более высоко, чем движение микростиц, ибо микродвижение является основой движения макротел.

Таким образом, оказывается, что неисчерпаемыми являются атом, и электрон, и любая самая маленькая частица вещества, и сами формы движения материи, связанные с ними.

Ленин писал, что «диалектический материализм настаивает приблизительном, относительном характере всякого научного

положения о строении материи и свойствах ее, на отсутствии абсолютных граней в природе, на превращении движущейся материи из одного состояния в другое, повидимому, с нашей точки зрения, непримиримое с ним и т. д.»[1] Оказывается, что и механическое движение не составляет какой-либо абсолютной грани, ибо само оно является результатом более первичного движения микромира.

Отсюда, далее, с неизбежностью напрашивается вывод, что механическое движение не только не является первой, начальной ступенью лестницы форм движения, но что такой первой, начальной ступени вообще не существует. Материя неисчерпаема не только в смысле бесконечного многообразия своих структурных форм, но и в смысле бесконечной цепи форм движения, бесконечной в обе стороны, как в направлении «вверх», от механического движения к физическому, химическому, биологическому и т. д., так и в обратном направлении, «вниз» — от биологического через химическое, физическое, механическое—к движению внутриатомному, к движению «элементарных частиц» и т. д.

Утверждая, что микродвижение более первично, чем механическое движение макротел, мы тем самым вовсе не имеем в виду, что законы механического движения макротел являются предельными законами, которые вытекают из законов микродвижения при переходе к пределу, при пренебрежении квантом действия, приравнении его нулю. Формально математически это действительно так, что показывает на неразрывную связь между макро- и микрофизикой. Но, как отмечает Бор, тем не менее макромир нельзя получить логически, средствами математики, из микромира, ибо для существования макромира недостаточно одних предельных законов, — нужны еще макротела.

Утверждая, что микродвижение более первично, чем механическое движение макротел, мы также не ограничиваемся пониманием этого утверждения лишь в том смысле, что движение летящей пули следует рассматривать как результат взаимодействия микродвижений элементарных частиц, составляющих атомы этой пули, среды, в которой она движется, и т. д.

С нашей точки зрения, первичность микродвижения по сравнению с движением механическим должна быть понимаема прежде всего исторически. Бесконечная цепь форм движения материи есть не только то, что происходит сейчас здесь, в данном теле, и тем более не только логическая, математическая абстрактная схема, не только «мысленный образ». Все эти формы движения, подчиняющиеся одно другому, представляют

[1] *Ленин*, Соч., т. XIII, стр. 214.

зличные ступени эволюции, происходящей во времени в бесечной вселенной.

Было время, когда в обитаемой нами части вселенной не только существовало высокоорганизованной, обладающей сознаем материи, но и не существовало жизни, движений, присух лишь органической материи. Но и было время, несравненно лее отдаленное от нас, когда в этой части вселенной не было и лекул, атомов, макротел. Материя находилась здесь в состоян, подчиняющемся законам микромира, законам микрочастиц. Современная астрофизика выдвигает довольно веские доводы пользу гипотез о существовании в бесконечной вселенной грондных областей, названных «сверхзвездными», с такими «доменическими» состояниями материи — состоянием «фотонного за». В этих областях постепенно происходит превращение в бое высокие формы движения — образование атомов, возникноние механического, теплового, электромагнитного движения — по из звеньев вечного круговорота движущейся материи.

Признание бесконечной эволюции форм материального двиния неизбежно влечет за собой и признание историчности разтия пространственных и временных форм существования матеи. На различных ступенях своего существования материя ьективно обладает различной геометрией; в процессе эволюи одна геометрия переходит в другую, а наша геометрия как ука в свою очередь видоизменяется в зависимости от достигнуй нами в процессе нашего собственного развития ступени поапия действительности. Замечательно, что мысль о том, что зличным формам движения присуща своя собственная геотрия, была высказана еще великим русским математиком, созтелем неэвклидовой геометрии Лобачевским, считавшим, что нашем уме не может быть никакого противоречия, когда допускаем, что некоторые силы в природе следуют одной, угие своей особой геометрии.

Но аналогично тому, как с пространственными формами, стоит дело и с временем, и с характером причинности, и с локой, — все они определяются эволюционной ступенью, достигнутой материей и ее движением, все они вечно развиваются, доизменяются, переходят друг в друга неустанно и повсюду — усложняясь и упрощаясь.

Отказавшись признавать за механическим движением ту особю, привилегированную роль среди других форм движения, корую ему приписывали, мы должны вместе с тем уяснить себе; о нами произведено по отношению к механическому движению вестное расщепление понятий. Механическое движение расатривалось как «первичная» и «простейшая» форма движения. перь же оказалось, что оба эти понятия не совпадают. Не бу-

дучи «первичным», механическое движение для нас все же остается «простейшим». Положение Энгельса о том, что *всякое* дви жение связано с перемещением, остается незыблемым, однак нельзя больше, как это делали физики до недавнего времени отождествлять всякое перемещение с движением макротел. На ше положение может быть сравнено с положением человека (п это, понятно, всего-навсего лишь образное сравнение), рассмат ривающего в непосредственной близости очень длинную разри сованную ленту. Все, что находится прямо перед ним, он види отчетливо, все же, что далеко вправо или влево от него, — лиш расплывчато, а совсем отдаленные части ленты теряются в ту мане. Так и мы благодаря собственному устройству считае механическое движение простейшим, хотя «простое перемещени в пространстве» на деле оказалось теперь настолько сложным что к движениям этого рода, к движениям микромира непри менимы наши обыкновенные понятия. Вследствие этого мы н случайно, а вполне закономерно начинаем заимствовать дл этих процессов терминологию из другой, также более сложно чем макрофизика, области — из биологии, несмотря на то чт последняя помещается в эволюционном ряде форм движения ка раз в противоположном направлении от механического движе ния, чем микродвижение. Когда мы говорим, что электроны и п зитроны «рождаются» из ядер, что фотон «погибает» при погло щении его атомом и т. д., мы тем самым свидетельствуем о том что понятия «часть» и «целое», которые, как указывал Энгельс недостаточны в органической природе, неприменимы также и микромире.

Разумеется, что употребление биологической терминологи является лишь образным. Оно вовсе не должно оправдыват вздорную мысль, будто закономерности микромира совпадаю с биологическими закономерностями, будто электрон по своем произволу, по своей воле избирает свой путь, как это утвержда наиболее последовательные сторонники копенгагенской идеа листической школы, вроде Иордана.

К микромиру равно неприменимы и другие, привычные для тра диционного мышления абстракции, как, например, абстрактно тождество, являющееся плодом механического понимания при роды. Ибо, так же как организм в каждый момент своей жизни и тождествен сам с собой и отличается от самого себя — о чего мы не можем отвлечься, ибо в этом вся сущность жизни, — так и любая микрочастица одновременно и равна и неравна са мой себе. При этом в противоположность макромиру, познани которого допускает (и в известных рамках требует) для на существ одного с ним масштаба, отвлечения от непрерывно пр исходящих в макротелах изменений, здесь, в микромире,

бязаны учитывать эти неустанные изменения, так как иначе ы упустим самые существенные его черты.

Таким образом, в нашем познании мы выделили теперь нечто, то определяется нашим положением как познающих субъектов, бо мы не можем познавать иначе, как посредством своих рганов чувств и мыслительных способностей, т. е. с помощью редств, относительная ограниченность которых снимается лишь процессе векового развития науки и техники.

Поняв, что механическое движение является простейшим лишь точки зрения наших макропредставлений, масштабом для которых служит наше собственное тело, как оно осознается нашими увствами, мы делаем дальнейший крайне важный шаг для более глубокого, более верного познания материальной действиельности. Задача состоит в том, чтобы вопреки этой неизбежной кованности, и даже с ее помощью, мы все больше и больше асширяли и углубляли познание бесконечного разнообразия маерии и ее движения, наподобие того как мы посредством конечого числа нот можем выразить бесконечное разнообразие мыкальных мелодий, или посредством конечного числа букв збуки — бесконечное разнообразие мысли.

Самый факт, что мы способны сформулировать эту задачу, видеть асимптотический характер процесса развития нашего понания, является лучшим опровержением агностицизма, подмеяющего правильную формулу «наше знание на данном этапе не бсолютно точно» ложной формулой «всякое знание абсолютно е точно». Он является лучшим опровержением философского елятивизма, который вместо верной формулы «наше знание одержит элемент относительного» подсовывает совершенно еправильную формулу «знание всегда лишь относительно».

Разумеется, признание микродвижения особой специфической ормой движения, формой, коренным образом отличной от акродвижения, ни в коем случае нельзя понимать как отрыв двиения атомного мира от других форм движения, как нарушение динства материального движения. Гениальное учение Энгельса том, что каждая высшая форма движения необходимо свяана всегда с низшими формами, хотя наличие побочных форм е исчерпывает существа главной формы, не только остается силе, но и получает — на основании познания микромира — вое дальнейшее развитие.

Единство мира состоит в его материальности, в том, что мир— то движущаяся материя; оно состоит, следовательно, и в единстве форм движения материи, в их взаимной непрерывной превращаемости, в неустанном созидании высших форм движения з низших, в неустанном разрушении высших форм, превращеии их в низшие формы движения. Этот обоюдонаправленный

5*

единый процесс, бесконечный во времени и в пространстве, неисчерпаемый не только в смысле различных структурных форм материи — «элементарных частиц», атомов, молекул, клеток, организмов, небесных тел и их систем, галактик и т. д.,—но и в смысле не имеющей ни начала, ни конца шкалы форм движений, и есть вселенная, мир, космос.

Неправильно искать лишь какую-то одну форму движения как первичную, все равно, считать ли такой формой механическое движение, электромагнитное или какое-либо другое, неизмеримо более сложное,—считать ли, например, как это односторонне делает Эйнштейн, такой общей формой тяготение. Настаивать теперь, после новых открытий атомной физики, на этом ходе мысли столь же метафизично, как и пытаться свести все структурные формы материи к каким-то первичным единым первоатомам.

Материальное единство мира выражается не только в том, что каждая часть вселенной, каждая частица материи так или иначе находится под действием всех других частиц, всех частей вселенной, всей бесконечной материи, но и в том, что законы развития целого и индивидуальных частей едины, благодаря чему высшие формы движения не только неизбежно связаны с низшими, но, эволюционизируя из них, повторяют, по крайней мере в общих чертах, закономерности низших форм движения.

Всякий, кто знаком с физикой, знает замечательную шкалу электромагнитных излучений, построенную Лебедевым. На этой шкале, изображенной на рисунке 29, отмечены колебания, начиная с космического излучения с длинами волн порядка миллиардных долей миллиметра и кончая колебаниями с длиной волны в тысячи километров, вызываемыми генераторами переменного тока. Эта шкала не только наглядно демонстрирует переход количества в качество — от света к радиоволнам, рентгеновским и другим невидимым лучам,—но и единство специфичности и общности форм движения. Шкала Лебедева является конкретной физической иллюстрацией гегелевской узловой линии меры. Но она не только иллюстрация: она дает — правда, лишь в одном разрезе, в разрезе электромагнитных волн,—картину эволюции форм движения.

Давно известно, что в самых различных областях, относящихся к различным формам движения материи, существует поразительное сходство количественных закономерностей, дающее, например, возможность охватить одним и тем же уравнением процессы колебания звучащей струны, распространения тепла в стержне и изменения электрического тока и т. д. и т. п. Можно ли считать лишь случайным совпадением то, что между строением атома и структурой солнечной системы имеется известная, хотя вовсе

не идущая до конца, аналогия, или что законы движения воды в турбине и законы движения масс в спиральных туманностях во многом совпадают? Если взять биогенетический закон, то мы

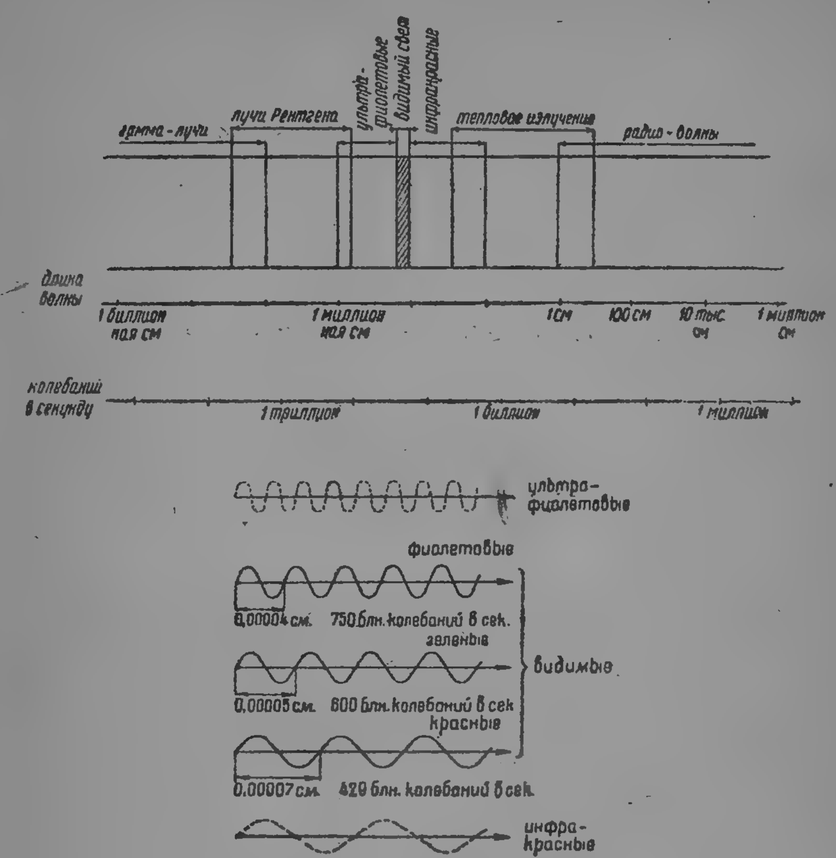


Рис. 29. Шкала электромагнитных волн Лебедева

увидим, что ряд форм, через которые проходит организм, начиная с яйцеклетки и кончая вполне развитым состоянием, повторяет кратко и сжато ряд форм, пройденных в процессе эволюции предками данного организма, подобно тому как человеческий индивид в младенческом и детском возрасте повторяет в сокращенном и упрощенном виде психическое развитие человечества начиная с самого первобытного его состояния.

Конечно, во всех этих и многих других случаях речь идет не о механическом переносе закономерностей одних форм материи на другие, а лишь о некоторых общих им сходных чертах, присущих различным формам. Но разве все это не доказывает, что единство различных форм движения состоит не просто в их внешнем сходстве, а во внутреннем взаимодействии, во взаимном определении одной формы движения другой формой, в их взаимопереходах в процессе эволюции одной формы в другую?

И так же, как самая малая структурная форма материи взаимодействует со структурой всей бесконечной вселенной — индивидуальность содержит в себе как бы в зародыше бесконечное, — так и самые низшие формы движения и самые высшие формы сходятся в своем пределе. Если вернуться к приведенному нами выше образу, то пришлось бы сказать, что рассматриваемая нами лента на деле оказывается бесконечным обручем.

Признав, что микродвижение является самостоятельной, особой формой материального движения, перестав рассматривать его как привесок к движению механическому и электромагнитному, мы приобретаем прочную основу, опираясь на которую мы сможем сравнительно легко разобраться в путанице, вызванной сильно распространенными неверными толкованиями современной физики. Было бы крупнейшей ошибкой, если бы мы хоть на минуту забыли о гносеологических выводах, которые делаются из новейших достижений физики, если бы мы, как нам это рекомендовал, например, академик Фок [1], не стали обращать внимание на «философские комментарии», даваемые учеными к их физическим теориям.

Нельзя закрывать глаза на то, что современная физика является ареной острейшей борьбы между материализмом и идеализмом. Грубо ошибочно полагать, будто философские выводы, делаемые физиками, являются лишь несущественными «комментариями», якобы не оказывающими никакого влияния на физическую теорию. Нет, эти натурфилософские положения проникают в самую физическую науку, определяя собой исходные точки зрения, отправляясь от которых физики строят те или другие гипотезы, разрабатывают те или другие теоретические установки. Тот, кто стоит на позициях метафизического материализма, естественно, отрицает все теоретические воззрения современной физики, отрицает все своеобразие микромира как несуразность, стремится насильственно втиснуть его в неподходящую, тесную форму механической модели. Тот, кто стоит на идеалистических позициях, неизбежно истолковывает отказ от старых механических представлений о материи, как отказ от материи как объективной реальности, приходит к отрицанию объективного существования частиц, пространства, времени, причинности. И лишь диалектический материалист в состоянии дать последовательно-материалистическое понимание современной теоретической физики.

В самом деле, почему такие физики, как, например, А. К. Тимирязев, относятся отрицательно к теории относительности,

---

[1] См. *Фок*, К дискуссии по вопросам физики, «Под знаменем марксизма» № 1, 1938, стр. 151.

к квантовой механике, ко всему новому теоретическому мышлению современной физики? Потому что они, рассуждая как материалисты, желают иметь дело с процессами, происходящими объективно, независимо от нашего сознания, в пространстве и во времени и причинно-обусловленными, и в этом они целиком правы, но также и потому, что они, рассуждая, как метафизики, не хотят отказаться от старой механической картины мира, тянут физику назад, а в этом их грубая ошибка.

Почему такие физики, как за границей Бор и другие, а у нас В. А. Фок, выкидывают из физики вместе с устаревшими механическими моделями всю физическую реальность, оставляя одни лишь символы? Почему они провозглашают невозможность познания явлений, предлагают ограничиться одним лишь описанием их? Их отказ от попыток подгонки явлений микромира под механические схемы на деле диалектичен, он продвинул науку вперед, и в этом они правы. Но их отрицание физической реальности, подмена ее символами, их проповедь принципиальной ненаблюдаемости физических процессов — все это чистейший идеализм и агностицизм, и это делает их позицию антинаучной. Гейзенберг заявляет, что «квантовая теория рассматривает такие процессы, которые, так сказать, вспыхивают в момент наблюдения и о которых бессмысленны наглядные физические высказывания для интервалов между наблюдениями» [1].

Бор, критикуя материалистическое положение Эйнштейна, что необходимо учитывать различие между объективной реальностью, которая не зависит ни от какой теории, и теми физическими понятиями, с которыми оперирует теория»[2], пишет о необходимости окончательного отказа от классического идеала причинности и о необходимости радикального пересмотра наших взглядов на проблему физической реальности [3]. В. А. Фок, порицая по тому же поводу Эйнштейна, упрекает его в том, что он употребляет слово «состояние» в том смысле, какой ему обычно приписывается в классической физике, т. е. в смысле «чего-то вполне объективного и совершенно не зависящего от каких бы то ни было сведений о нем»[4], и настаивает на том, что в квантовой физике «к числу объективных понятий не принадлежит понятие о состоянии в квантовом смысле», что «в ней волновая функция описывает не состояние в обыкновенном смысле, а скорее эти «сведения о состоянии»[5]. Разве все это не отъявленный идеализм и агностицизм? Такие и подобные им философские

---

[1] См. «Под знаменем марксизма» № 1, 1938, стр. 166.
[2] УФН, т. XVI, 4, 1936, стр. 440.
[3] Там же, стр. 448.
[4] Там же, стр. 437.
[5] Там же.

«выводы» эти физики получают из физических теорий следующи
путем: они сначала наделяют микрообъекты (например электр
ны) макросвойствами (например траекторией), затем убеждаютс
что объектов с такими свойствами обнаружить нельзя, и, нак
нец, на этом основании объявляют о принципиальной ненабл
даемости микрообъектов вообще, лишают их реальности.

Очевидно, что против подобного приема недостаточно выдв
гать отдельные частные возражения. Указывали, например,
то, что положение электрона в пространстве или его скорос
не должны пониматься так, как понимаются положение и ск
рость макрочастиц, а как-то иначе. Или отмечали, что отказ эле
трону в определенном положении и скорости в определенн
момент времени происходит оттого, что здесь громадная совоку
ность электронов подменена статистическим «средним» электр
ном, который тем самым определен лишь с некоторой вероятн
стью. Или, наконец, подчеркивали, что измерительный приб
хотя и привносит изменения в измеряемые объекты, однако
уничтожает их.

Все эти и тому подобные соображения справедливы. Кажд
из них является односторонним выражением того, что внутр
атомный мир, мир электронов, протонов, «элементарных части
обладает другой, отличной от механической и электромагни
ной, формой движения, а следовательно, и другими физически
закономерностями.

Но этот мир, как и его объекты, материален; он существу
объективно, независимо от нашего сознания; он неразрыв
связан со всем остальным миром, а потому и познаваем; он сущ
ствует в пространстве и времени; он развивается закономерн
причинно-обусловленно. Вместе с тем специфический характ
этого мира, специфический характер этой формы движения
позволяет применять к нему понятия пространства, времен
причинности и т. д. в том виде, как они сложились у нас в кач
стве снимков отношений макромира. Приспособление привычн
нам, закрепленных тысячелетиями, понятий и форм мышлен
к новым условиям — дело крайне трудное; здесь действу
«страшная сила привычки». И неудивительно, что метафизи
и идеализм пользуются возникшими трудностями, неудивитель
также, что теоретическая физика уже в течение полувека не в с
стоянии выбраться из кризиса, не в состоянии создать объед
няющую всю физику теорию, единую физическую картину мир

Таким образом, современный физический идеализм, пыта
щийся опереться на микрофизику, оказывается полностью
состоятельным. Самый модный его прием исходит из «принцип
дополнительности» Бора, особенно в его ходячей трактовке, пр
надлежащей больше многочисленным компиляторам, а так

…следователям», плохо его понимающим и хватающимся за его …алистические высказывания, чем самому Бору. Этот принцип …верждает, что в познании физических величин последние вы…пают всегда парами, причем уточнение одной из величин, …одящих в пару, неизбежно происходит за счет уменьшения точ…сти другой. Отсюда делается вывод, что мир не только прин…ципиально непознаваем, но вообще существует лишь в нашем по…нии.

…На деле же сам этот принцип опровергает основы идеализма. …рность выступающих в физическом познании величин, кото…е в смысле возможности их точного измерения находятся в от…шении дополнительности, лишь отражает само внутреннее …йство вещей, их раздвоение на взаимно исключающие друг …уга противоположности. Выявление этой раздвоенности кванто…й механикой в «принципе дополнительности», какие бы агно…ческие толкования этому принципу ни давались, свидетель…ствует, следовательно, лишь о том, что, проникнув в микромир, …ука сделала еще один шаг вперед к познанию самой сути бытия.

…Понятно, что идея эволюционного ряда форм движения не мо…т и не должна решить многочисленные, еще не решенные про…мы современной физики. Это лишь философское обобщение, …торое, не ставя себе целью и не будучи в состоянии подменить …ретическую и экспериментальную работу самих физиков, …ло бы лишь содействовать им в выработке общих точек зре…я, с которых следует подходить к решению проблем.

…Необходимо самым категорическим образом предостеречь …всякого рода попыток решать физические проблемы не с по…щью физических же, выведенных из эксперимента теорий, а с …мощью натурфилософских, хотя и звучащих «диалектически» …рмулировок. А подобными попытками занимается немало лю…телей всякого рода «переворотов в науке», «доказывающих», …пример, с помощью закона отрицания отрицания, по вопреки …ментарно известным фактам, что Солнце удерживает планеты …расстоянии… световым давлением и многие другие благоглу…сти, которые, к счастью, остаются в архивах редакций наших …рналов.

…Но и в философском отношении концепция эволюции форм дви…ния далеко не является исчерпывающим выводом из проблем …рной физики. Эта концепция разрабатывает применительно …новым достижениям физики диалектические законы единства. …еще предстоит разработать учение о физических постоянных, …ражающих не просто границы, а переходы от одной ступени дви…ния к другой, постоянных, являющихся мерой превращаемо…форм движения, давая тем самым конкретизацию диалекти…кого учения о качестве, количестве и мере. Предстоит, да-

лее, сделать все выводы из диалектического закона о раздвоени единого и борьбе противоположностей применительно к физик где раздвоение единой материи проявляется в таких полярностя как вещество и поле. Так же как и в вопросе об эволюции фор движения, здесь могут быть уже сейчас высказаны некоторы общие соображения. Однако многое ожидает еще решения, иб зависит не только от успехов теоретической физики, но прежд всего от прогресса эксперимента, и последний — от дальнейше развития техники, в том числе и энергетических средств, кото рые создадут столь большие энергии, что они позволят нам про никнуть в глубь самих «элементарных частиц».

Однако какие временные границы ни существовали бы дл нашего познания, какую смену теоретических воззрений н приходилось бы науке проделывать, все это не означает, буд наша наука и вообще человеческое познание — просто калейдо скопическая смена одних гипотез другими. Ничего подобног Наука, человеческое знание совершает путь по восходящей л нии, путь непрерывного восхождения по спирали, которая ра вертываясь приближается с каждым кругом все ближе к адэ ватному отображению бесконечной действительности. Научны прогресс не приостановится и вследствие звериного разгул фашистских варваров, растоптавших науку и культуру Гер мании и Италии и всех разграбленных ими стран.

Как раз наоборот. Гитлеровские орды глумятся над всем что священно для прогрессивного человечества, что завоевано н в тысячелетней борьбе со стихиями природы, в борьбе, в которо сам человек высоко поднялся над животным миром с его диким инстинктами и необузданными страстями до уровня научно деятельности и разумного преобразования общества. Но крова вые оргии гитлеровцев встретили единодушное сопротивлени всех свободолюбивых народов, мощный отпор деятелей наук всех стран. Громадное большинство ученых во всем мире попял сейчас, что наука лишь тогда сможет свободно развиватьс когда будет уничтожен гитлеризм и всякая возможность его во рождения. И так же, как советский народ составляет авангар в борьбе против фашистских поработителей человечества, та и советские ученые возглавляют отряд бойцов мировой наук против германского фашизма — этой самой мрачной и подло реакции.

Советская наука, в том числе и советская физика, с самого на чала Великой отечественной войны перестроилась на военны лад. Советские ученые отдают все свои силы на помощь фронт и военной промышленности, обслуживающей его нужды. Физико технический институт, Физический институт, Институт физич ских проблем и другие институты Академии наук СССР, рав

к и другие научные учреждения, дали за период войны замечельные открытия и изобретения в области противовоздушной ороны, противотанковых средств, производства тонких прироов, защиты кораблей от мин, по методам скоростного и автотического контроля производства, по светящимся составам, транению радиопомех на самолетах, получению жидкого возха и кислорода, по улучшению способа использования рентновских лучей в операционной технике и многие другие. Выющиеся советские физики, академики А. Ф. Иоффе, Л. М. Мапельштам, Н. Д. Папалекси, удостоены за свои работы Сталинских ремий.

Отвечая на призыв великого вождя и гениального полководца варища Сталина, наши советские физики, работая в тесном нтакте с военными специалистами, изо дня в день удваивают ои усилия, чтобы, решая военные задачи, удовлетворять тревания фронта в кратчайшие сроки, чтобы доводить свои спериментальные и теоретические исследования всякий раз до кой стадии совершенства, которая делает возможным их медленное и массовое практическое внедрение.

В великое дело окончательной победы над заклятым врагом— ашизмом — наша советская физика вложила и вкладывает малую долю. И когда настанет великий час торжества ашего правого дела, советская физика, окрепшая в напряженой работе, служащей возвышенной задаче обеспечения самого ществования науки, еще с большей силой, смелостью и опытом ойдет на штурм сложнейших теоретических проблем современой физики, физики атомного мира. Двигаясь в первой шеренге ировой науки, советская физика будет брать одну крепость за ругой, никогда не останавливаясь, шествуя все вперед и вперед.

Ведь овладевая в процессе научного познания все больше и ольше истиной, мы никогда не в состоянии исчерпать ее, понать ее до конца, ибо природа бесконечна, бесконечно разнообразна и бесконечно изменчива. Но в том-то и заключается еликое, заманчивое в науке, что она никогда не может успокоиться на познанном, что достигнутое всегда раскрывает еще олее величавые перспективы будущего.

СОДЕРЖАНИЕ

Редактор *Г. Курсанов*

Подписано в печать 18 марта 1943 г. А343. Тираж 10 000 экз. Объем $4^3/_4$ п. л.
Зак. № 2681. Цена 1 р. 50 коп.

1-я Образцовая тип. Огиза РСФСР треста «Полиграфкнига». Москва, Валовая, 28.

1 р. 50 коп.

